



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS  
MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR  
MACHILCUCHO – DISTRITO DE CACHACHI – PROVINCIA  
DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Bach. Jhon Kennyde Acuña Olivares

Asesor:

Ing. Dr. Luis Vásquez Ramírez

Cajamarca - Perú

2019

## DEDICATORIA

A mis padres Adán Acuña Fernández y María Luz Olivares Cotrina gracias por su cariño y apoyo incondicional durante todo este tiempo, ya que sin ellos no podría haber logrado esta meta.

A mis hermanas y a toda mi familia que siempre me apoyaron y me dieron fortaleza para seguir adelante, gracias.

A mis docentes por la enseñanza transmitida en todos estos años de estudio que han sido de sumo provecho para mi formación como profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Para poder realizar esta tesis de la mejor manera posible fue necesario el apoyo de muchas personas las cuales quiero agradecer.

En primer lugar, a mis padres, Luz y Adán, por su apoyo y amor en todo momento.

A mis hermanas, por todo lo compartido, su ayuda y apoyo sin condiciones.

A mis amigos, compañeros y profesores de la UPNC, que formaron parte de esta aventura y siempre se quedara en mis recuerdos.

## TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	9
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del problema .....	11
1.3. Objetivos .....	11
1.3.1. Objetivo general .....	11
1.3.2. Objetivos específicos.....	11
1.4. Hipótesis.....	11
1.4.1. Hipótesis General.....	11
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....	12
2.1. Tipo de investigación .....	12
2.1.1. Según el propósito .....	12
2.1.2. Según el diseño de investigación .....	12
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	12
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	12
2.4. Procedimiento.....	12
A. Levantamiento de información en campo .....	12
a.1 Pruebas de campo: .....	12
a.2 Pruebas de laboratorio: .....	15
a.3 Pruebas en gabinete: .....	17
B. Modelamiento hidráulico .....	19
a. Obtención de las medidas del modelo en función de las escalas seleccionadas: .....	19
b. Planos del modelo: .....	21
c. Materiales seleccionados para la construcción del modelo hidráulico: .....	22
d. Toma de datos: .....	25
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	27



a)	<b>Resultados:</b>	27
1.	<b>Práctica # 01</b>	27
a.	<i>Toma de datos</i>	27
2.	<b>Práctica # 02</b>	28
b.	<i>Toma de datos</i>	28
3.	<b>Práctica # 03</b>	29
c.	<i>Toma de datos</i>	29
4.	<b>Práctica # 04</b>	30
d.	<i>Toma de datos</i>	30
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>		<b>32</b>
4.1	<b>Discusión</b>	32
4.2	<b>Conclusiones</b>	33
<b>REFERENCIAS</b>		<b>35</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>36</b>
<i>Anexo N°01 : PANEL FOTOGRÁFICO</i>		<b>36</b>
<i>Anexo N°02 : PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS</i>		<b>42</b>
<i>Anexo N°03 : CÁLCULO DE CAUDAL – TIEMPO DE RETORNO 50 años.</i>		¡Error! Marcador no definido.
<i>Anexo N°04: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.</i>		¡Error! Marcador no definido.
<i>Anexo N°05: DISTRIBUCIÓN POR TAMAÑO.</i>		¡Error! Marcador no definido.
<i>Anexo N°06: DISEÑO HIDRÁULICO DE PROTOTIPO.</i>		¡Error! Marcador no definido.
<i>Anexo N°07: RESULTADO DE EROSIÓN EN ESPIGONES.</i>		¡Error! Marcador no definido.
<i>Anexo N°08: PLANOS.</i>		¡Error! Marcador no definido.

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Resultados obtenidos para la pendiente del tramo recto del modelo.....	19
Tabla N° 2: Resultados obtenidos para el diseño de espigón. ....	20
Tabla N° 3: Distribución por tamaño .....	20
Tabla N° 4: Resultados Prueba N° 01 - Modelo Hidráulico $Q_m = 933$ lts./min – $Q_r = 272.13$ m <sup>3</sup> /s .....	28
Tabla N° 5: Resultados Prueba N° 02 - Modelo Hidráulico $Q_m = 969$ lts./min – $Q_r = 282.63$ m <sup>3</sup> /s.....	29
Tabla N° 6: Resultados Prueba N° 03 - Modelo Hidráulico $Q_m = 1286$ lts./min – $Q_r = 374.50$ m <sup>3</sup> /s.....	30
Tabla N° 7: Resultados Prueba N° 04 - Modelo Hidráulico $Q_m = 1313$ lts./min – $Q_r = 383.25$ m <sup>3</sup> /s.....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Defensas Discontinuas – Espigones. ....	10
Figura N° 2: Desborde de Río Cajamarquino - Sector Machilcucho, Distrito de Cachachi – Cajabamba. ..	10
Figura N° 3: Calicata N°01. ....	13
Figura N° 4: Calicata N°02 – excavación.....	13
Figura N° 5: Calicata N°03 – excavación.....	14
Figura N° 6: Distribución por tamaños.....	14
Figura N° 7: Ensayo granulométrico – toma de datos. ....	15
Figura N° 8: Ensayo granulométrico – peso de muestra. ....	16
Figura N° 9: Curva granulométrica (C-1).....	16
Figura N° 10: Curva granulométrica (C-2).....	17
Figura N° 11: Curva granulométrica (C-3).....	17
Figura N° 12: Distribución por tamaños.....	18
Figura N° 13: Distribución por tamaños.....	18
Figura N° 14: Construcción de canal – modelo físico. ....	20
Figura N° 15: Corte transversal del espigón – modelo físico. ....	21
Figura N° 16: Construcción del tanque de almacenamiento.....	22
Figura N° 17: Tanque de almacenamiento lleno. ....	23
Figura N° 18: Batido de la arena con la grava.....	23
Figura N° 19: Conformación del río con arena – grava.....	24
Figura N° 20: Construcción de espigones. ....	24
Figura N° 21: Canal en tramo recto, se puede apreciar la recirculación del agua en todo el canal. ....	25
Figura N° 22: Los espigones están sometidas a la velocidad y el caudal de diseño, de acuerdo al modelo hidráulico.....	25
Figura N° 23: Los espigones sometidos a diferentes caudales y velocidades se puede ver la inestabilidad, ya que esto es causa de la erosión. ....	26
Figura N° 24: Toma de datos de la altura de erosión de cada uno de los espigones.....	26
Figura N° 25:Espigones expuestos en tramo recto. ....	27
Figura N° 26: Alturas de la cara húmeda del espigón vs Profundidad de erosión. ....	28
Figura 27: Alturas de la cara húmeda del espigón vs Profundidad de erosión. ....	29
Figura N° 28: Alturas de la cara húmeda del espigón vs Profundidad de erosión. ....	30
Figura N°29: Alturas de la cara húmeda del espigón vs Profundidad de erosión.....	31

## RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo principal determinar la profundidad de erosión con diferentes descargas en una estructura como espigones. Para ello, primero se estudió el material del lecho del río Cajamarquino determinando sus propiedades físicas, para luego determinar un modelo físico de espigón a escala. Asimismo para un caudal  $Q_r = 272.13 \text{ m}^3/\text{s}$  se obtuvo una profundidad máxima de erosión de 1.125 m, que equivale al 37.50 % de la altura de la cara húmeda del espigón, para un  $Q_r = 282.63 \text{ m}^3/\text{s}$  se obtuvo una profundidad máxima de erosión de 1.43 m, que equivale al 47.50 % de la altura de la cara húmeda del espigón, para un  $Q_r = 374.50 \text{ m}^3/\text{s}$  se obtuvo una profundidad máxima de erosión de 2.10 m, que equivale al 70% de la altura de la cara húmeda del espigón y para un  $Q_r = 383.25 \text{ m}^3/\text{s}$  se obtuvo una profundidad máxima de erosión de 2.55 m, que equivale al 90% de la altura de la cara húmeda del espigón.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En la frontera entre México, Guatemala y Belice hay más de seis ríos que atraviesan el límite del territorio del país guatemalteco y se vierten en el mexicano y en el beliceño. Pero sólo tres son los conocidos propiamente como ríos fronterizos. Dos pertenecen a la división de México y Guatemala: el Suchiate y el Usumacinta, y el tercero, Río Hondo, corre entre México y Belice. La desaparición paulatina de la ribera suchiatense, erosionada por los fenómenos meteorológicos, entre otros eventos, ha sido motivo de preocupación local, mas no internacional. Con base en el trabajo de campo realizado en la parte baja de la cuenca transfronteriza de dicha ribera, se presenta la situación actual de los ejidos y los problemas con que se enfrentan por los trabajos hidráulicos realizados para la contención y el encauzamiento del río, que no toman en cuenta la participación social de los actores locales (Alarcón, 2014).

La ocurrencia de inundaciones en el País y su relación con los eventos extremos y los impactos económicos y sociales, ocurridas en el ámbito de las cuencas de las tres vertientes: Pacífico, Amazonas y del Titicaca; han originado anegamiento de calles y viviendas, desborde de canales, corte de carreteras, interrupción de suministro de agua y contaminación, inundación y erosión de predios agrícolas y falla de drenes (ANA-2011).

El dinamismo y tendencia al cambio característico del comportamiento de los ríos aluviales trae como consecuencia que no tengan un cauce estable y definido, lo que da lugar a que adquieran diversas formas y características que originan desbordes e inundaciones. Estas circunstancias dificultan y encarecen el aprovechamiento

fluvial, así como la ocupación de sus áreas próximas, que por lo general son de gran valor económico, pero que para poder desarrollarse requieren que el río sea estable. El Perú no es ajeno a este problema, pues tenemos numerosos casos no resueltos de movilidad e inestabilidad fluvial y las consecuentes inundaciones que tantos daños causan (ROCHA, 2015).



*Figura N° 1: Defensas Discontinuas – Espigones.*

El desborde del río Cajamarquino afectó los cultivos de la comunidad Machilcucho, centro poblado de Tambería, distrito de Cholocal, provincia cajamarquina de Cajabamba, e inundó unas 17 hectáreas de terreno. Con este fenómeno natural, unas 20 familias se quedarán sin el servicio de agua potable porque el agua afectó unos mil metros de tubería y recuperar el sistema de agua tomará cierto tiempo (RPP, 2011)



*Figura N° 2: Desborde de Río Cajamarquino - Sector Machilcucho, Distrito de Cachachi – Cajabamba.*

El presente estudio de investigación tiene por finalidad demostrar de manera técnica y aplicando un modelo físico la erosión que existe en el río Cajamarquino, Sector de Machilcucho – Distrito de Cachachi – Provincia de Cajabamba, que cuenta con 192 hectáreas de tierras agrícolas, las que son beneficiadas directamente.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo influye la erosión en los espigones ante descargas máximas en el río Cajamarquino?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Determinar la erosión de espigones en el río Cajamarquino ante descargas máximas, aplicando un modelo físico.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar a escala las medidas del modelo.
- Determinar a escala el ancho del río Cajamarquino.
- Determinar a escala las descargas máximas del río Cajamarquino.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis General**

La erosión en la cara húmeda de los espigones ante descargas máximas erosiona en menos del 35 % de su profundidad en el río cajamarquino.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

#### **2.1.1. Según el propósito**

El tipo de investigación a realizar es Aplicada.

#### **2.1.2. Según el diseño de investigación**

La investigación es experimental.

### **2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)**

Espigones de piedra contruidos a escala.

### **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

Las técnicas e instrumentos que se utilizarán para la siguiente investigación son:

- Protocolos de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos, según la norma del MTC E204 - ASTM C136 - NTP 400.12.
- Protocolo realizado de manera propia para la distribución por tamaño en in situ.
- Se utilizó una estación total para el levantamiento topográfico del río cajamarquino.

### **2.4. Procedimiento**

#### **A. Levantamiento de información en campo**

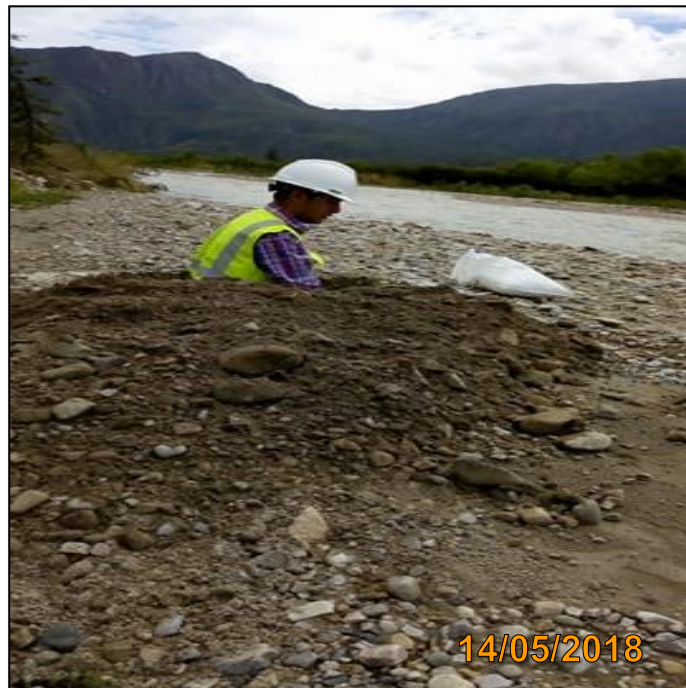
##### **a.1 Pruebas de campo:**

- Se hicieron 3 calicatas para ver el tipo de material que existe en in situ, estas muestras serán en la parte alta del río Cajamarquino a la altura del Sector Machilcucho, con la finalidad de hacer el muestreo del lecho del río.





*Figura N° 3: Calicata N°01.*



*Figura N° 4: Calicata N°02 – excavación.*



*Figura N° 5: Calicata N°03 – excavación.*

- Para las condiciones actuales se realizó el levantamiento topográfico de la zona, esto se realizó con la ayuda de una estación total. (Ver anexo N°08)
- Se hizo la distribución por tamaños en in situ.



*Figura N° 6: Distribución por tamaños.*

### **a.2 Pruebas de laboratorio:**

Con el material extraído se hará el siguiente ensayo:

- a. Análisis granulométrico: Este ensayo tiene como finalidad obtener el tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo, para la distribución de tamaños se emplean tamices normalizados según lo que indica la norma MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.12.

El equipo necesario es:

- Un juego de tamices normalizados según lo que indica la norma MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.12.
- Dos balanzas: Con capacidad superiores a 20 kg. Y 200 gr, con una precisión de 1gr y 0.1 gr, respectivamente.
- Herramientas y accesorios: Bandeja metálica, recipientes plásticos y escobilla.



*Figura N° 7: Ensayo granulométrico – toma de datos.*





Figura N° 8: Ensayo granulométrico – peso de muestra.

En gabinete: Se procesa los datos obtenidos en laboratorio para calcular la curva granulométrica en cada una de las calicatas.

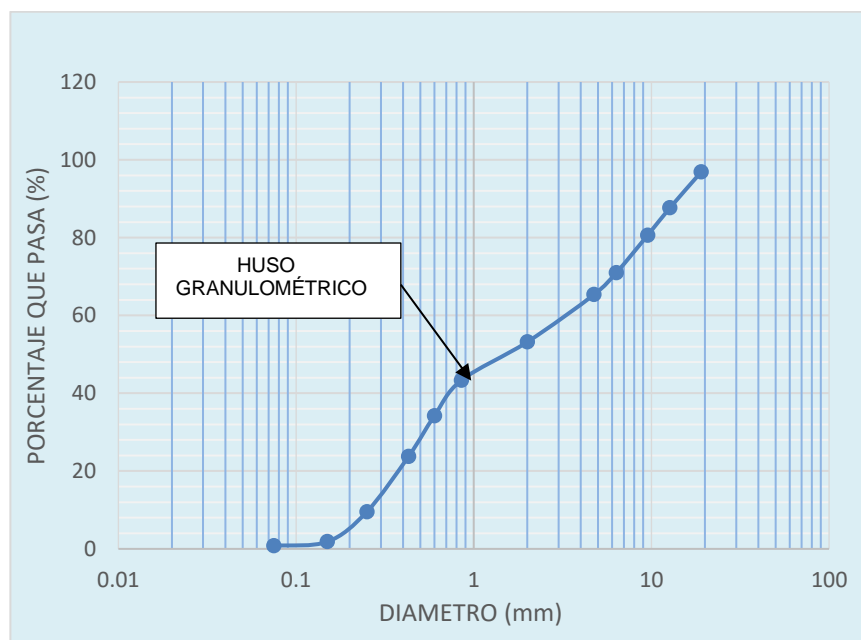


Figura N° 9: Curva granulométrica (C-1).

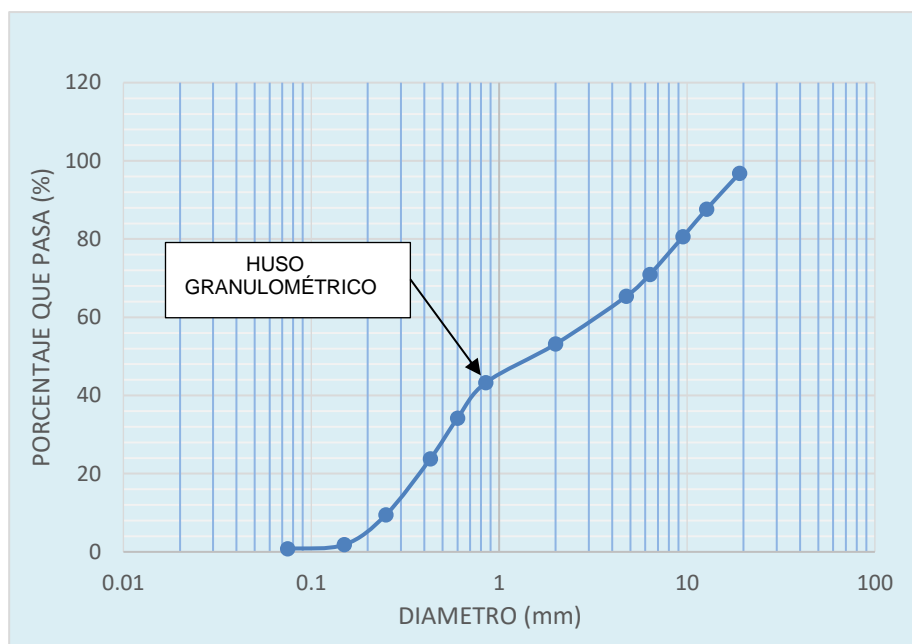


Figura N° 10: Curva granulométrica (C-2).

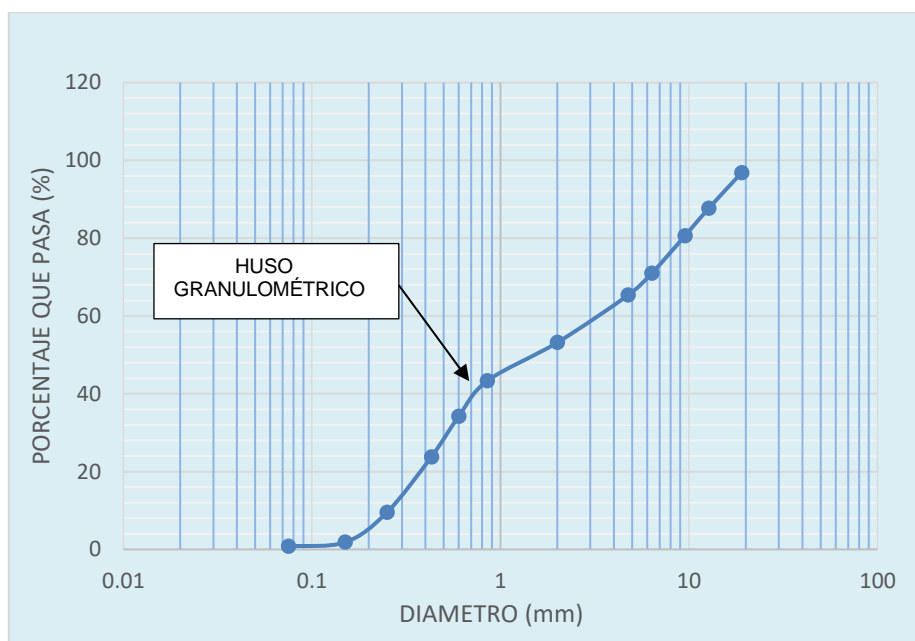


Figura N° 11: Curva granulométrica (C-3).

### a.3 Pruebas en gabinete:

- a. Distribución por tamaños: La distribución de tamaños consta de hacer la medida del material de acuerdo a la siguiente imagen.

Grupo	Clase	Tamaño (mm)		
Piedras (guijarros)	Muy grande	2,048	a	4,096
	Grande	1,024	a	2,048
	Mediana	512	a	1,024
	Pequeña	256	a	512
Cantos (cascajo)	Grande	128	a	256
	Pequeña	64	a	128
Grava	Muy gruesa	32	a	64
	Gruesa	16	a	32
	Mediana	8	a	16
	Fina	4	a	8
	Muy fina	2	a	4
Arena	Muy gruesa	1.000	a	2.000
	Gruesa	0.500	a	1.000
	Mediana	0.250	a	0.500
	Fina	0.125	a	0.250
	Muy fina	0.062	a	0.125
Limo	Gruesa	0.031	a	0.062
	Mediana	0.016	a	0.031
	Fina	0.008	a	0.016
	Muy fina	0.004	a	0.008
Arcilla	Gruesa	0.002	a	0.004
	Mediana	0.001	a	0.002
	Fina	0.0005	a	0.001
	Muy fina	0.00024	a	0.0005

Figura N° 12: Distribución por tamaños.

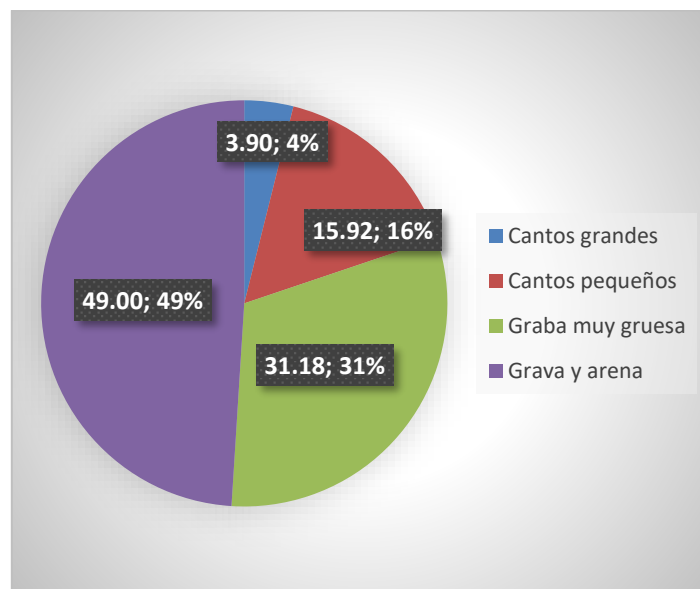


Figura N° 13: Distribución por tamaños.

- b. Elaboración del plano en planta de la zona: Para identificar las deflexiones que tiene en su recorrido en sus máximas avenidas. (Ver anexo N°08)

## B. Modelamiento hidráulico

Con la información existente y obtenida en campo, se precedió a modelar hidráulicamente los espigones para poder representar en el modelo físico la erosión que en la realidad no pueden ser medidos o visualizados.

El modelamiento físico planteado para el desarrollo de las variables independientes y la obtención de resultados sobre la variable dependiente, se desarrollará de la siguiente manera:

### a. Obtención de las medidas del modelo en función de las escalas seleccionadas:

Para plantear la construcción de un modelo físico hidráulico a una escala reducida se debe de conocer las características del prototipo que son las siguientes:

- Geometría básica del río, rugosidad, caudales y sedimentología.
- De la información disponible del prototipo que se pueda representar en el modelo dependerá del éxito de los estudios en el modelo hidráulico.
- Es sugerido que la escala seleccionada para la construcción del modelo físico hidráulico es de 1/75.
  - El ancho promedio del tramo del río o canal a ser modelado es de 150 m; en el modelo esto significa 200 cm.
  - La pendiente del tramo del canal a ser representado en el modelo es el 2.3%.

Tabla N° 1:

*Resultados obtenidos para la pendiente del tramo recto del modelo.*

"CÁLCULO DE PENDIENTE"			
COTA INICIAL	COTA FINAL	LONGITD (m)	PENDIENTE (%)
2685	2685.184	8.00	2.30

- Para la construcción del canal se excavará de manera gradual el terreno para formar un canal con las longitudes ya mencionadas.



Figura N° 14: Construcción de canal – modelo físico.

- Las dimensiones del prototipo del espigón a modelo son las siguientes.

Tabla N° 2:

Resultados obtenidos para el diseño de espigón.

<b>"CÁLCULO DE ESPIGÓN"</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>PROTOTIPO (m)</b>	<b>MODELO</b>
<b>Altura de Dique</b>	m	4.50	0.06
<b>Profundidad de Uña</b>	m	3.00	0.04
<b>Ancho de Uña</b>	m	4.50	0.06
<b>Longitud de Espigón</b>	m	30.00	0.40

- La distribución por tamaño del prototipo al modelo son las siguientes.

Tabla N° 3:

Distribución por tamaño.

<b>"DISTRIBUCIÓN POR TAMAÑO"</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>PROTOTIPO</b>	<b>MODELO</b>	<b>MATERIAL</b>
<b>CANTOS:</b>				
<b>Grandes</b>	cm	1.28 – 2.56	0.161 -0.31	Grava gruesa
<b>Pequeños</b>	cm	0.64 – 1.28	0.085 – 0.161	Grava mediana
<b>Grava muy gruesa</b>	cm	0.32 – 0.64	0.043 – 0.085	Grava Fina
<b>Grava y arena</b>	cm	< 0.32	< 0.043	Arena



- Para la construcción del siguiente modelo se considera una rugosidad de Manning de 0.035 por ser un cauce de río con fuerte transporte de acarreo.
- Para la presente investigación en el modelo hidráulico tiene propósitos didácticos para relacionar el caudal, velocidad, carga de sedimentos ya que por motivos de limitaciones de presupuesto no se puede obtener información de campo, se construirá un modelo que permitirá definir los parámetros anteriores que sustenta esta investigación.
- Los caudales a ser representados en el modelo son de  $Q_m = 933$  lts./min,  $Q_m = 969$  lts./min,  $Q_m = 1286$  lts./min,  $Q_m = 1313$  lts./min.

#### b. Planos del modelo:

El tramo del río el cual será presentado en el modelo físico corresponde a un tramo recto, en donde debe representar las condiciones de funcionamiento ya definidas para las medidas respectivas para el sustento del presente estudio de investigación. (Ver anexo N°08)

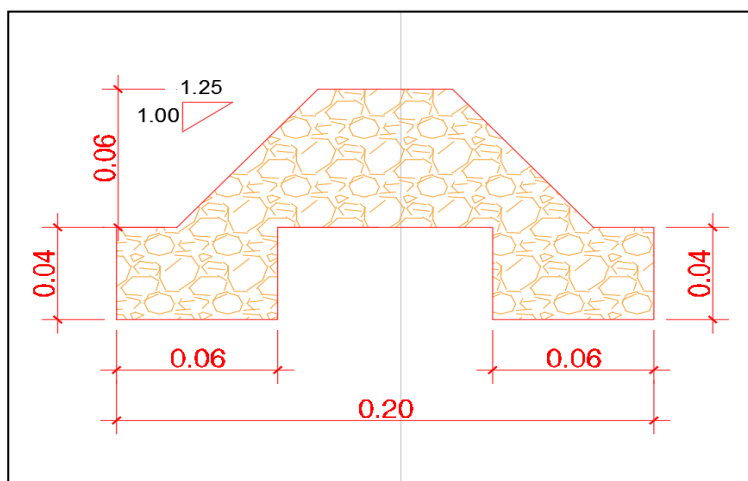


Figura N° 15: Corte transversal del espigón – modelo físico.

**c. Materiales seleccionados para la construcción del modelo hidráulico:**

La finalidad de la presente investigación es analizar, observar e identificar el fenómeno de erosión en el modelo hidráulico, por este motivo es necesario utilizar materiales que permitan representar las características del prototipo al modelo, con la finalidad de cumplir los objetivos de la investigación.

Siguiendo este procedimiento nos permitirá obtener la oportunidad de observar, analizar y entender el fenómeno de erosión que son sometidas los espigones, para así obtener los resultados y conclusiones que se anhela tener.

Los materiales seleccionados deberán poseer durabilidad y ser de fácil uso al momento de la construcción y de las modificaciones necesarias para poder representar las pruebas previstas con la finalidad de cumplir los objetivos deseados.

A continuación, se presenta una lista de materiales que fueron en la construcción del presente modelo físico.

- Arena, cemento y ladrillo: Utilizado para la construcción de un tanque cisterna que permitirá el almacenamiento del agua que se utilizará para las pruebas hidráulicas.



*Figura N° 16: Construcción del tanque de almacenamiento.*



*Figura N° 17: Tanque de almacenamiento lleno.*

➤ Arena y grava río:

La arena como la grava se utilizarán para modelar el lecho del río de acuerdo a las proporciones ya calculadas anteriormente.



*Figura N° 18: Batido de la arena con la grava.*



Figura N° 19: Conformación del río con arena – grava.

➤ Grava de río de 1/2”:

La grava de 1/2” se utilizará para la construcción de los espigones de acuerdo al modelo hidráulico.



Figura N° 20: Construcción de espigones.



➤ Motobomba de 4” y 3”:

Permite simular los caudales y la recirculación del agua  
durante los ensayos en el modelo.

**d. Toma de datos:**

A continuación, las fotos ilustraran como se hizo la toma de datos en el tramo  
recto del río:



*Figura N° 21:* Canal en tramo recto, se puede apreciar la recirculación del agua en todo el canal.



*Figura N° 22:* Los espigones están sometidas a la velocidad y el caudal de diseño, de acuerdo al modelo hidráulico.



*Figura N° 23: Los espigones sometidos a diferentes caudales y velocidades se puede ver la inestabilidad, ya que esto es causa de la erosión.*



*Figura N° 24: Toma de datos de la altura de erosión de cada uno de los espigones.*

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### a) Resultados:

##### 1. Práctica # 01



*Figura N° 25: Espigones expuestos en tramo recto.*

##### a. Toma de datos

Las profundidades a lo largo del tramo del prototipo representado en el modelo se las midió utilizando una herramienta de medida la cual registra la profundidad de erosión en cada una de los espigones, aplicando un caudal  $Q_m = 933 \text{ lts./min}$  y obteniendo las siguientes lecturas.



Tabla N° 4:

Resultados Prueba N° 01 - Modelo Hidráulico  $Q_m = 933 \text{ lts./min}$  –  $Q_r = 272.13 \text{ m}^3/\text{s}$ .

N° DE ESPIGÓN	Altura de la cara húmeda del espigón "cm"	Profundidad de erosión (cm)	Profundidad de erosión (%)
01	4.00	1.50	37.50
02	4.00	1.10	27.50
03	4.00	1.00	25.00
04	4.00	0.98	24.50
05	4.00	0.50	12.50
06	4.00	0.50	12.50
07	4.00	0.50	12.50

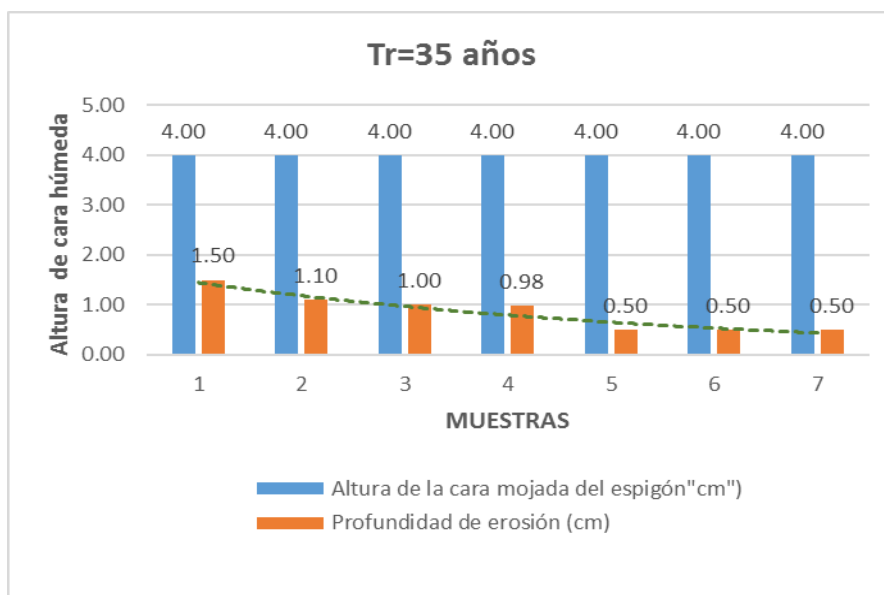


Figura N° 26: Alturas de la cara húmeda del espigón vs Profundidad de erosión.

## 2. Práctica # 02

### b. Toma de datos

Las profundidades a lo largo del tramo del prototipo representado en el modelo se las midió utilizando una herramienta de medida la cual registra la profundidad de erosión en cada uno de los espigones, aplicando un caudal  $Q_m = 969 \text{ lts./min}$  y obteniendo las siguientes lecturas.



Tabla N° 5:

Resultados Prueba N° 02 - Modelo Hidráulico  $Q_m = 969 \text{ lts./min.}$  –  $Q_r = 282.63 \text{ m}^3/\text{s.}$

N° DE ESPIGÓN	Altura de la cara húmeda del espigón"cm")	Profundidad de erosión (cm)	Profundidad de erosión (%)
01	4.00	1.90	47.50
02	4.00	1.50	37.50
03	4.00	1.45	36.25
04	4.00	1.25	31.25
05	4.00	1.20	30.00
06	4.00	0.80	20.00
07	4.00	0.70	17.50

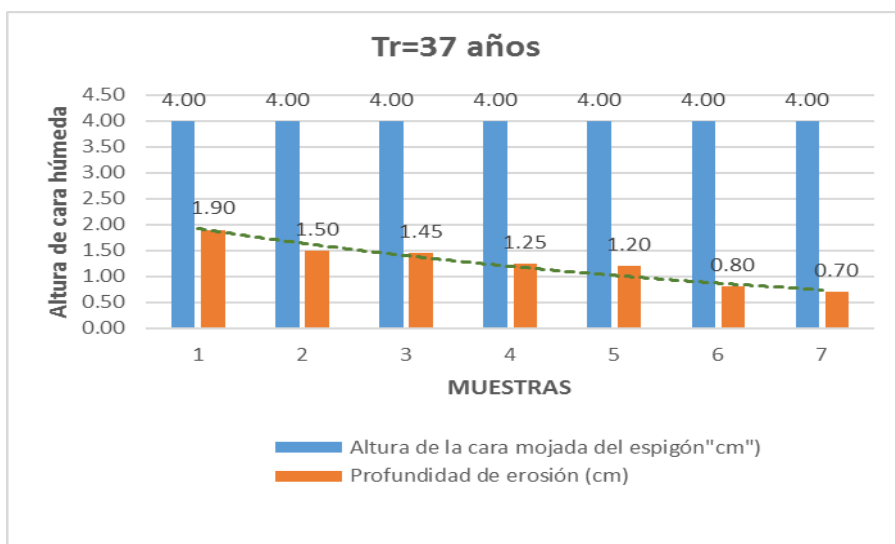


Figura 27: Alturas de la cara húmeda del espigón vs Profundidad de erosión.

### 3. Práctica # 03

#### c. Toma de datos

Las profundidades a lo largo del tramo del prototipo representado en el modelo se las midió utilizando una herramienta de medida la cual registra la profundidad de erosión en cada una de los espigones, aplicando un caudal  $Q_m = 1286 \text{ lts./min}$  y obteniendo las siguientes lecturas.

Tabla N° 6:

Resultados Prueba N° 03 - Modelo Hidráulico  $Q_m = 1286$  lts./min. –  $Q_r = 374.50$  m<sup>3</sup>/s.

N° DE ESPIGÓN	Altura de la cara húmeda del espigón "cm"	Profundidad de erosión (cm)	Profundidad de erosión (%)
01	4.00	2.80	70.00
02	4.00	2.60	65.00
03	4.00	2.50	62.50
04	4.00	2.50	62.50
05	4.00	2.20	55.00
06	4.00	1.80	45.00
07	4.00	1.70	42.50

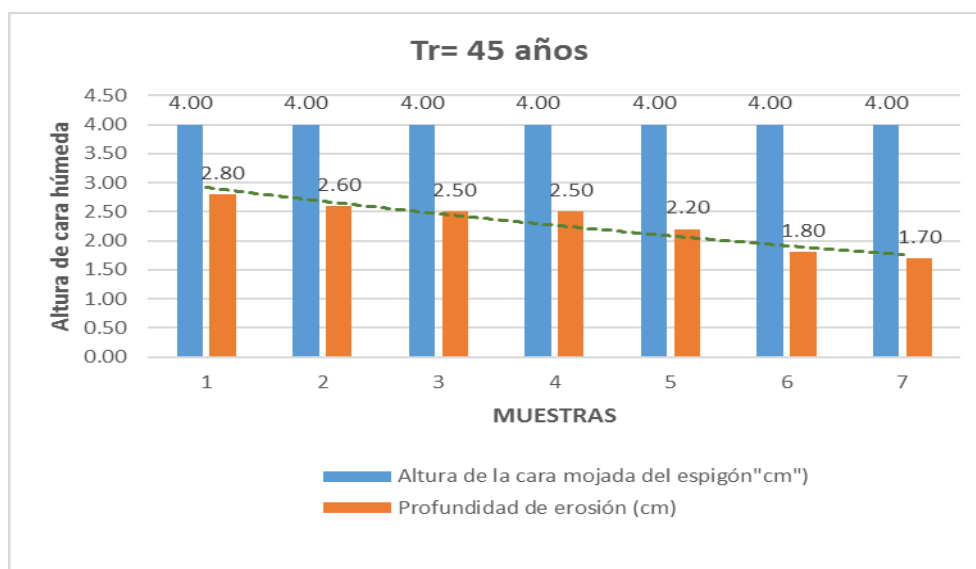


Figura N° 28: Alturas de la cara húmeda del espigón vs Profundidad de erosión.

#### 4. Práctica # 04

##### d. Toma de datos

Las profundidades a lo largo del tramo del prototipo representado en el modelo se las midió utilizando una herramienta de medida la cual registra la profundidad de erosión en cada una de los espigones, aplicando un caudal  $Q_m = 1313$  lts./min y obteniendo las siguientes lecturas.

Tabla N° 7:

Resultados Prueba N° 04 - Modelo Hidráulico  $Q_m = 1313 \text{ lts./min.}$  –  $Q_r = 383.25 \text{ m}^3/\text{s.}$

N° DE ESPIGÓN	Altura de la cara húmeda del espigón "cm"	Profundidad de erosión (cm)	Profundidad de erosión (%)
01	4.00	3.60	90.00
02	4.00	3.40	85.00
03	4.00	3.20	80.00
04	4.00	3.10	77.50
05	4.00	3.00	75.00
06	4.00	2.90	72.50
07	4.00	2.60	65.00

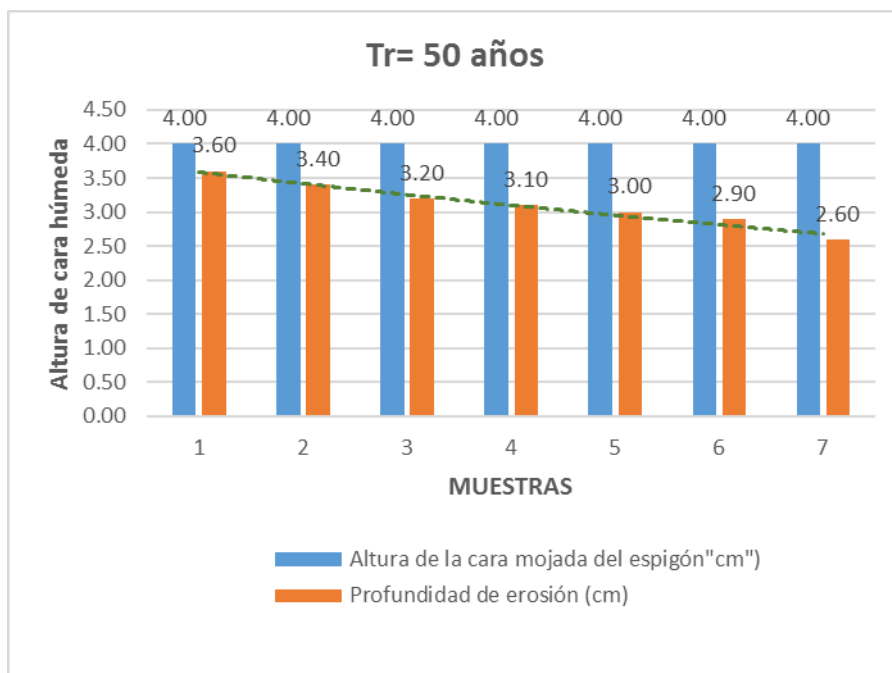


Figura N°29: Alturas de la cara húmeda del espigón vs Profundidad de erosión.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

En la tesis “Modelo hidráulico de un canal en curva para estudiar la incidencia de los espigones en el control de la erosión”. (VALDOSPINOS, 2011) se obtuvo como resultado que al colocar espigones cada  $20^\circ$  y  $30^\circ$  en un cauce natural en curva, contribuye efectivamente a la disminución de la velocidad en la parte exterior y en la salida efectivamente contribuye al control de la erosión. A diferencia de la presente investigación se puede corroborar que a mayor descarga da origen a una mayor velocidad del material areno gravoso que esto produce una mayor erosión, siendo los valores:

- Con una descarga máxima de 272.13 m<sup>3</sup>/s con un Tr=35 años, de 0.375 m en el espigón N°07 hasta 1.125 m en el espigón N°01 en el modelo.
- Con una descarga máxima de 282.63 m<sup>3</sup>/s con un Tr=37 años, de 0.525 m en el espigón N°07 hasta 1.43 m en el espigón N°01 en el modelo.
- Con una descarga máxima de 374.50 m<sup>3</sup>/s con un Tr=48 años, de 1.28 m en el espigón N°07 hasta 2.10 m en el espigón N°01 en el modelo.
- Con una descarga máxima de 383.25 m<sup>3</sup>/s con un Tr=50 años, de 1.95 m en el espigón N°07 hasta 2.55 m en el espigón N°01 en el modelo.

Por otra parte (ROCHA, 2015) en su estudio sobre defensas fluviales con espigones indica que la erosión local de los espigones es debido a la inclinación en la cual están ubicados los espigones. Sin embargo, en la presente investigación se determinó que la erosión generada por diferentes descargas no se controla por la dirección en la cual están ubicadas los espigones.

Se recomienda el uso de los modelos hidráulicos físicos a escala ya que es la única prueba o garantía del éxito de la modelación hidráulica en modelos físicos a escala que proporciona la exactitud en la cual se puede realizar el análisis del comportamiento de la estructura, optimizando su verdadera dimensión de las condiciones del prototipo.

Finalmente, se rechaza la hipótesis debido a que la erosión de espigones ante descargas máximas aumenta en más de un 35%.

## 4.2 Conclusiones

1. La hipótesis de la presente investigación se rechaza ya que el porcentaje de erosión en la cara húmeda de los espigones (modelo) aumenta en más del 35%.
2. Se determinó la profundidad de erosión en la cara húmeda de los espigones en el río cajamarquino, siendo los valores: Con una descarga máxima de 272.13 m<sup>3</sup>/s con un Tr=35 años, de 0.375 m en el espigón N°07 hasta 1.125 cm en el espigón N°01 en el modelo, con una descarga máxima de 282.63 m<sup>3</sup>/s con un Tr=37 años, de 0.525 m en el espigón N°07 hasta 1.43 m en el espigón N°01 en el modelo, con una descarga máxima de 374.50 m<sup>3</sup>/s con un Tr=48 años, de 1.28 m en el espigón N°01 en el espigón N°07 hasta 2.10 m en el modelo, con una descarga máxima de 383.25 m<sup>3</sup>/s con un Tr=50 años, de 1.95 m en el espigón N°07 hasta 2.55 m en el espigón N°01 en el modelo.
3. Se determinó las medidas del prototipo del espigón, siendo los valores: Altura de dique de 4.50 m, profundidad de uña de 3.00 m, ancho de uña de 4.50 m, longitud de espigón de 30 m.

4. Se determinó la medida a escala del modelo físico del río Cajamarquino  
siendo el valor de 2m.
5. Se determinó las descargas máximas de acuerdo al modelo físico, siendo los  
valores:  $Q=272.13\text{m}^3/\text{s}$ ,  $Q=282.63\text{m}^3/\text{s}$ ,  $Q=374.50\text{m}^3/\text{s}$ ,  $Q=383.25\text{m}^3/\text{s}$ .

## REFERENCIAS

1. Alarcón, J. G. (2014). *La ribera mexicana del río Suchiate, territorio fronterizo en extinción. Pueblos y fronteras*, 59-77.
2. Delgado, J. (1993). *Diseño de espigones y defensa ribereña de la costa verde*. Lima.
3. Navas, S. V. (2011). *Modelo hidraulico de un canal en curva para estudiar la incidencia de los espigones en el control de la erosión*. Quito.
4. Navas, S. V. (2011). *Modelo hidráulico de un canal en curva para estudiar la incidencia de los espigones en el control de la erosión*. Quito.
5. Navas, S. V. (2011). *Modelo hidráulico de un canal en curva para estudiar la incidencia de los espigones en el control de la erosión*. Quito.
6. Rocha, A. (2015). *Introducción a la hidráulica de las obras viales. Defensas fluviales con espigones*, 3.
7. Rpp, N. (27 de diciembre de 2011). *Desborde de río cajamarquino. Desborde de río cajamarquino afecta cultivos de cajabamba*, págs. 10-11.
8. Valdospinos, s. (2011). *Modelo hidráulico de un canal en curva para estudiar la incidencia de los espigones en el control de la erosión*. Quito.
9. Vásquez, I. (2016). *Influencia de la contracción del cauce en la profundidad de socavación en la descarga de la estructura de captación de agua huayrapongo en el río cajamarquino*. Cajamarca.
10. Villacreses, J. (2010). *Modelaje hidráulico y aplicación del uso de espigones en una sección curva del río chiche*. Quito.
11. Ana, A. N. (2011). *Defensas Ribereñas*. Autoridad nacional del agua, 26.

## ANEXOS

### *Anexo N°01 : PANEL FOTOGRÁFICO*

**Fotografía N° 1:** Toma de muestra de material  
para ensayos.



**Fotografía N°2:** Tamizado para ensayo de  
granulometría.





**Fotografía N°3:** Construcción del tanque cisterna para el almacenamiento de agua de recirculación.



**Fotografía N°4:** Trazado preliminar de la ubicación de espigones.



**Fotografía N°5:** Colocación del material areno  
gravoso a escala al canal del modelo.



**Fotografía N°6:** Construcción de espigones.



**Fotografía N°8:** Construcción de espigones para la  
toma de datos.



**Fotografía N°9:** Verificación de espigones por  
parte del asesor.

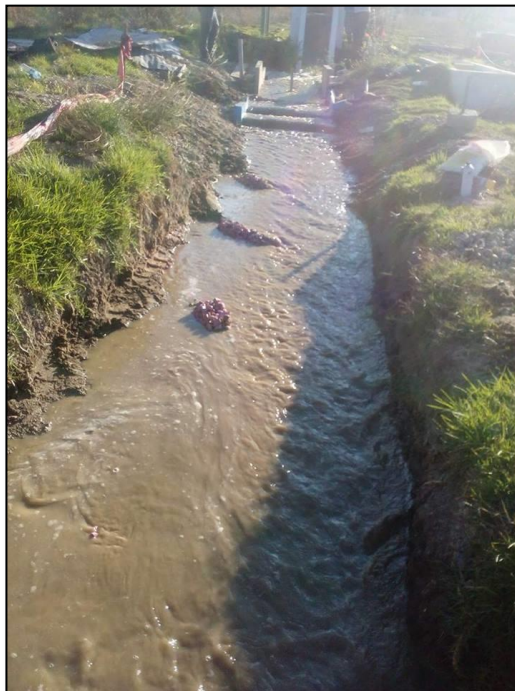




**Fotografía N°10:** Supervisión por parte del asesor  
para el respectivo ensayo hidráulico al modelo.



**Fotografía N°11:** Prueba hidráulica al modelo  
físico.



**Fotografía N°12:** Toma paronímica de cómo es la  
erosion en cada espigón.



**Fotografía N°13:** Toma de datos de la profundidad  
de erosión.



Anexo N°02: PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	PARÁMETROS HIDROLÓGICOS
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

ÁREA DE LA CUENCA

DATOS				
COTAS		ÁREA(Km <sup>2</sup> )	ÁREA(m <sup>2</sup> )	ÁREA(%)
3500	3450	3.87	526190.88	2.53
3450	3400	4.39	856101.41	2.87
3400	3350	5.34	1244010.07	3.49
3350	3300	4.89	5892622.43	3.20
3300	3250	3.90	4636926.85	2.55
3250	3200	5.36	4118816.33	3.52
3200	3150	5.56	5661655.74	3.64
3150	3100	5.39	4326030.84	3.52
3100	3050	6.78	3712246.53	4.43
3050	3000	6.54	5740555.21	4.28
3000	2950	4.85	6339419.97	3.17
2950	2900	7.95	8531071.61	5.20
2900	2850	8.96	7383691.90	5.86
2850	2800	5.55	6633601.91	3.66
2800	2750	7.65	7803188.87	5.00
2750	2700	5.95	6541939.05	3.89
2700	2650	6.45	4407795.23	4.22
2650	2600	5.55	3259568.45	3.66
2600	2550	5.32	2443765.97	3.48
2550	2500	4.05	1789891.00	2.65
2500	2450	4.85	1810445.86	3.17
2450	2400	3.65	1570927.95	2.41
2400	2350	3.68	1391319.05	2.41
2350	2300	3.67	1621939.97	2.40
2300	2250	4.56	1151855.61	2.98
2250	2200	3.67	870426.65	2.40
2200	2150	4.57	694617.17	2.99
2150	2100	5.32	278343.62	3.51
2100	2100	4.47	60564.17	2.92
<b>ÁREA TOATAT</b>		<b>152.93</b>	<b>101299530.305</b>	<b>100.00</b>
<b>Área total de la cuenca</b>		<b>152.930</b>		

RESUMEN:

ÁREA TOTAL	152.93	km <sup>2</sup>
PERÍMETRO	65.24	km
Long.Cause Princip	38.99	km

TIPO DE CUENCA	
ÁREA (Km2)	NOMBRE
<5	Unidad
5 – 20	Sector
20 – 100	Microcuenca
100 – 300	Subcuenca
> 300	Cuenca

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	

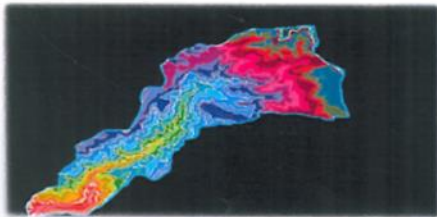


UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
PROYECTO:	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
CÁLCULOS:	PARÁMETROS HIDROLÓGICOS
UBICACIÓN:	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS

a) ÁREA DE LA CUENCA

A = 152.93 km<sup>2</sup>



b) PERÍMETRO DE LA CUENCA

P = 65.24 Km

c) ANCHO PROMEDIO DE LA CUENCA

$$B = A/L$$

Long. del cauce prin. = 38.99 Km  
 área de la cuenca = 152.93 km<sup>2</sup>  
 B = 3.922 Km/km<sup>2</sup>

d) FACTOR DE FORMA (F)

$$F = B/L$$

F = 0.101

e) COEFICIENTE DE COMPACIDAD

$$K_c = \frac{\text{Per. Cuenca}}{\text{Per. Círculo}} = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Clase de forma	Rango de clase	Forma de la cuenca
$K_c$	$1.00 \text{ a } 1.25$	cuencas redondas o subredondas
$K_c$	$1.25 \text{ a } 1.50$	cuencas ovales o subovales
$K_c$	$1.50 \text{ a } 1.75$	cuencas alargadas o rectangular-oblongas

coeficiente = 0.282  
 Raíz cuadrada (A) = 12.37 km  
 Perímetro de la cuenca = 65.24 km  
 Kc = 1.49

Ya que el índice de compacidad está entre 1.50 a 1.75, podemos decir: decir que se tiene una cuenca de forma oval-oblonga a rectangular-oblonga

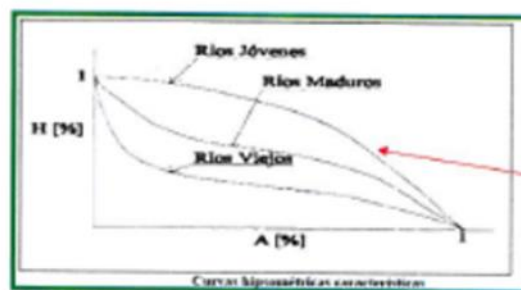
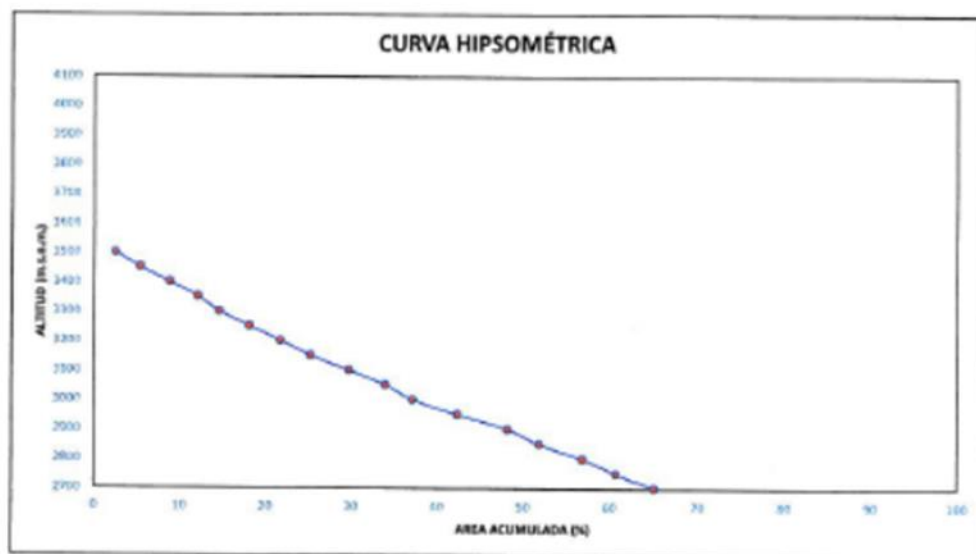
RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	PARÁMETROS HIDROLÓGICOS
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

**CURVA HIPOMÉTRICA**

COTAS		Área (m <sup>2</sup> )	ÁREA ACUM. (m <sup>2</sup> )	ÁREA PARCIAL (m <sup>2</sup> )	NÁREA ACUM.	A. SOBRE LA CURVA
3500	3450	3.87	3.87	2.53	2.53	97.47
3450	3400	4.39	8.26	2.87	5.40	94.60
3400	3350	5.34	13.60	3.49	8.89	91.11
3350	3300	4.89	18.49	3.20	12.09	87.91
3300	3250	3.90	22.39	2.55	14.64	85.36
3250	3200	5.38	27.77	3.52	18.16	81.84
3200	3150	5.56	33.33	3.64	21.79	78.21
3150	3100	5.39	38.72	3.52	25.32	74.68
3100	3050	6.78	45.50	4.43	29.75	70.25
3050	3000	6.54	52.04	4.28	34.03	65.97
3000	2950	4.85	56.89	3.17	37.20	62.80
2950	2900	7.95	64.84	5.20	42.40	57.60
2900	2850	8.96	73.80	5.86	48.26	51.74
2850	2800	5.59	79.39	3.66	51.91	48.09
2800	2750	7.65	87.04	5.00	56.91	43.09
2750	2700	5.95	92.99	3.89	60.81	39.19
2700	2650	6.45	99.44	4.22	65.02	34.98
2650	2600	5.59	105.03	3.66	68.68	31.32
2600	2550	5.32	110.35	3.48	72.16	27.84
2550	2500	4.05	114.40	2.65	74.81	25.19
2500	2450	4.85	119.25	3.17	77.98	22.02
2450	2400	3.69	122.94	2.41	80.39	19.61
2400	2350	3.68	126.62	2.41	82.80	17.20
2350	2300	3.67	130.29	2.40	85.20	14.80
2300	2250	4.56	134.85	2.98	88.18	11.82
2250	2200	3.67	138.52	2.40	90.58	9.42
2200	2150	4.57	143.09	2.99	93.57	6.43
2150	2100	5.37	148.46	3.51	97.08	2.92
2100		4.47	152.93	2.92	100.00	2.92
ÁREA TOTAL		152.93	2365.09	100.00		

COTAS	ÁREA ACUMULADA (%)
3500	2.53
3450	5.40
3400	8.89
3350	12.09
3300	14.64
3250	18.16
3200	21.79
3150	25.32
3100	29.75
3050	34.03
3000	37.20
2950	42.40
2900	48.26
2850	51.91
2800	56.91
2750	60.81
2700	65.02
2650	68.68
2600	72.16
2550	74.81
2500	77.98
2450	80.39
2400	82.80
2350	85.20
2300	88.18
2250	90.58
2200	93.57
2150	97.08
2100	100.00



DE ACUERDO A LA GRÁFICA SE PODRÍA CATALOGAR COMO RÍO MADURO

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	

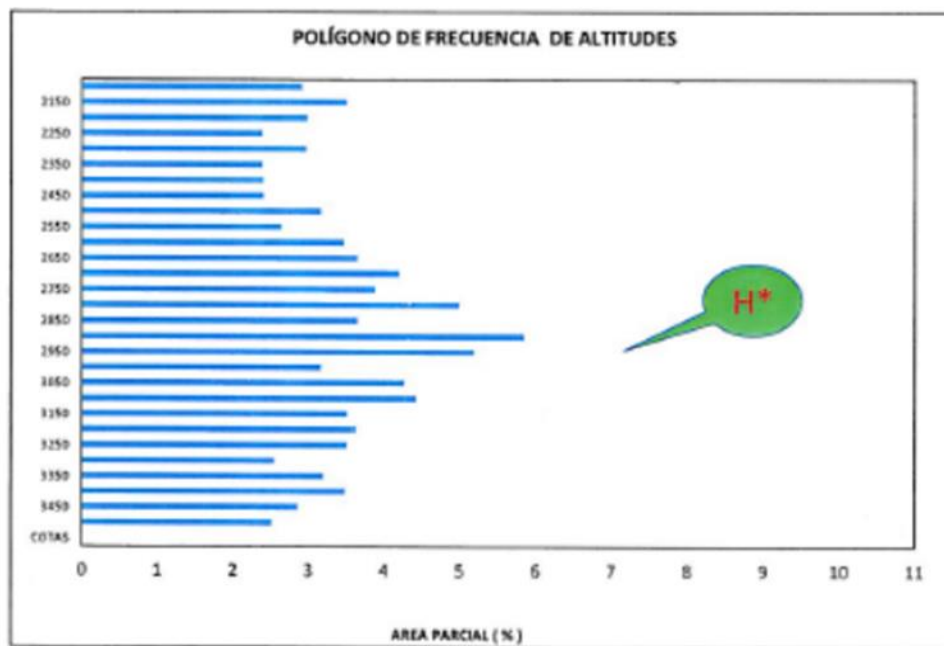


UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	PARÁMETROS HIDROLÓGICOS
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

g) **POLÍGONO DE FRECUENCIA DE ALTITUDES:**

	COTAS	ÁREA parcial (%)
1	3500	2.53
2	3450	2.87
3	3400	3.49
4	3350	3.20
5	3300	2.55
6	3250	3.52
7	3200	3.64
8	3150	3.52
9	3100	4.43
10	3050	4.28
11	3000	3.17
12	2950	5.20
13	2900	5.86
14	2850	3.66
15	2800	5.00
16	2750	3.89
17	2700	4.22
18	2650	3.66
19	2600	3.48
20	2550	2.65
21	2500	3.17
22	2450	2.41
23	2400	2.41
24	2350	2.40
25	2300	2.98
26	2250	2.40
27	2200	2.99
28	2150	3.51
29	2100	2.92
Mínimo =		2.40
Máximo =		5.86

$$H_m = \frac{\sum a_i * z_i}{A}$$



Representación gráfica, de la distribución en porcentaje, de las superficies ocupadas por las diferentes

h) **ALTITUD MEDIA**

$$H_m = \frac{\sum a_i * z_i}{A}$$

Donde:

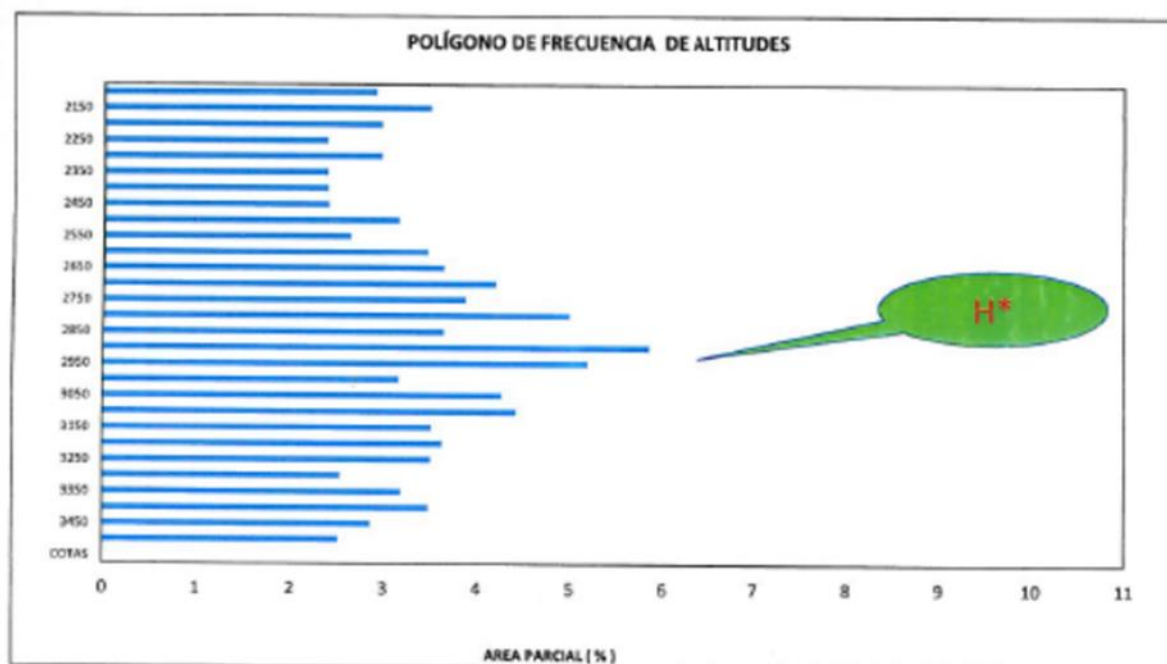
a<sub>i</sub> : Área entre curvas a nivel  
z : Altura promedio entre curvas a nivel.  
A : Área total de la cuenca.

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
	PROYECTO:	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
CÁLCULOS:	PARÁMETROS HIDROLÓGICOS	
UBICACIÓN:	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA	

COTAS (m.s.n.m)			ALTITUD PROM km.		al*Zl
			Km2 (al)	al	
1	3500	3450	3.87	3475	13448.25
2	3450	3400	4.39	3425	15035.75
3	3400	3350	5.34	3375	18022.50
4	3350	3300	4.89	3325	16259.25
5	3300	3250	3.90	3275	12772.50
6	3250	3200	5.38	3225	17350.50
7	3200	3150	5.56	3175	17653.00
8	3150	3100	5.39	3125	16843.75
9	3100	3050	6.78	3075	20848.50
10	3050	3000	6.54	3025	19783.50
11	3000	2950	4.85	2975	14428.75
12	2950	2900	7.95	2925	23253.75
13	2900	2850	8.96	2875	25760.00
14	2850	2800	5.59	2825	15791.75
15	2800	2750	7.65	2775	21228.75
16	2750	2700	5.95	2725	16213.75
17	2700	2650	6.45	2675	17253.75
18	2650	2600	5.59	2625	14673.75
19	2600	2550	5.32	2575	13699.00
20	2550	2500	4.05	2525	10226.25
21	2500	2450	4.85	2475	12003.75
22	2450	2400	3.69	2425	8948.25
23	2400	2350	3.68	2375	8740.00
24	2350	2300	3.67	2325	8532.75
25	2300	2250	4.56	2225	8165.75
26	2250	2200	3.67	2175	9039.75
27	2200	2150	4.57	2125	11411.25
28	2150	2100	5.37	2100	9387.00
29	2100	2100	4.47	SUMATORIA	417675.50
ÁREA DE LA CUENCA=			152.93	Hm =	2731.155

ALTITUD MAS FRECUENTE (H\*)



COTA	ÁREA PARCIAL(%)
2950	5.20

COEFICIENTE DE MASIVIDAD(Cm\*)

$$Cm = H/A$$

Hm=	2731.155
Área=	152.93

Cm =	0.018	Km/Km2
------	-------	--------

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	PARÁMETROS HIDROLÓGICOS
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

**h...). COEFICIENTE OROGRÁFICO (CO)**

$$Co = H^2/A$$

H= 2731.155  
A= 152.93

CO = 48775.90

Co = 0.049

**i.) NÚMERO DE ORDEN**

**Primera ley: Rc (Relación de confluencias)**

$$rc = \frac{N^{\circ} \text{ ríos de cierto orden}}{N^{\circ} \text{ de ríos inmediato superior}}$$

NÚMERO DE ORDEN	NÚMERO DE CORRIENTES
1	39
2	10
3	2
4	1

rc1= 3.90

rc2= 5.00

rc3= 2.00

La relación de confluencia es :

rc= 3.63

**Segunda ley: RL (Relación de longitudes)**

$$rl = \frac{\text{Long. media de los ríos de}}{\text{Long. media de los ríos de orden}}$$

NÚMERO DE ORDEN	Long. Ríos Cierta Orden
1	55152.611
2	9330.374
3	4601.758
4	29.99

rl1= 0.17

rl2= 0.49

rl3= 0.01

La relación de longitudes es :

rl= 0.22

**PENDIENTE DE LA CUENCA**

**1.) RECTÁNGULO EQUIVALENTE**

**a.1) LADO MAYOR (L)**



$$L = \frac{\frac{Kc \cdot \sqrt{A}}{0.564} + \sqrt{\frac{Kc^2 \cdot A}{0.564^2} - 4A}}{2}$$

L = 28.94 Km

**a.2) LADO MENOR (l)**



$$l = \frac{A}{L}$$

l = 5.68 Km

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	PARÁMETROS HIDROLÓGICOS
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

COTAS (m.s.n.m)		ÁREA PARCIAL (Km <sup>2</sup> )	Descripción	LONG. KM	LONG. M
3500	3450	3.87	A1	0.6818	681.84
3450	3400	4.39	A2	0.7735	773.46
3400	3350	5.34	A3	0.9408	940.84
3350	3300	4.89	A4	0.8616	861.55
3300	3250	3.90	A5	0.6871	687.13
3250	3200	5.38	A6	0.9479	947.88
3200	3150	5.56	A7	0.9796	979.60
3150	3100	5.39	A8	0.9496	949.65
3100	3050	6.78	A9	1.1945	1194.54
3050	3000	6.54	A10	1.1523	1152.26
3000	2950	4.85	A11	0.8545	854.50
2950	2900	7.95	A12	1.4007	1400.68
2900	2850	8.96	A13	1.5786	1578.63
2850	2800	5.59	A14	0.9849	984.88
2800	2750	7.65	A15	1.3478	1347.83
2750	2700	5.95	A16	1.0483	1048.31
2700	2650	6.45	A17	1.1364	1136.40
2650	2600	5.59	A18	0.9849	984.88
2600	2550	5.32	A19	0.9373	937.31
2550	2500	4.05	A20	0.7136	713.56
2500	2450	4.85	A21	0.8545	854.50
2450	2400	3.89	A22	0.6501	650.13
2400	2350	3.68	A23	0.6484	648.37
2350	2300	3.67	A24	0.6466	646.60
2300	2250	4.56	A25	0.8034	803.41
2250	2200	3.67	A26	0.6466	646.60
2200	2150	4.57	A27	0.8052	805.17
2150	2100	5.37	A28	0.9461	946.12
2100	2100	4.47	A29	0.7876	787.55
<b>TOTAL</b>		<b>152.93</b>		<b>26.944</b>	<b>26944.19</b>

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	

Anexo N°03: CÁLCULO DE CAUDAL – TIEMPO DE RETORNO 50 años.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	CAUDAL CON TIEMPO DE RETORNO DE 50 años
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

INTENSIDADES MÁXIMAS (mm/hr)			
ESTACIÓN :	CACHACHI	DEPARTAMENTO :	CAJAMARCA
ALTITUD :	3203.00(m.s.n.m)	PROVINCIA :	CACHACHI
LATITUD :	07° 27' 3.83" S	LONGITUD :	78° 16' 6.78" W

N° Años	Año	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
1	1973	101.00	71.00	24.00	14.00	11.00
2	1974	73.00	58.00	34.00	18.00	19.00
3	1975	90.00	50.00	24.00	16.00	10.00
4	1976	68.00	63.00	37.00	19.00	9.00
5	1977	65.00	53.00	37.00	21.00	11.00
6	1978	26.00	24.00	21.00	12.00	6.00
7	1979	60.00	60.00	38.00	23.00	14.00
8	1980	73.00	60.10	33.80	21.10	9.30
9	1981	67.20	54.80	29.10	15.50	13.00
10	1982	88.29	75.20	37.20	23.10	13.30
11	1983	75.30	50.40	31.40	23.70	14.00
12	1984	112.80	71.80	27.60	15.60	9.80
13	1985	59.31	54.40	25.60	14.70	8.30
14	1986	84.60	65.40	30.10	15.60	8.20
15	1987	76.00	49.20	21.00	13.20	8.00
16	1988	70.40	52.80	23.00	13.80	7.90
17	1989	73.60	47.80	28.00	16.00	9.60
18	1990	111.60	75.00	37.90	23.00	12.00
19	1991	83.00	73.00	41.00	26.00	14.00
20	1992	56.00	39.00	19.00	10.00	5.00
21	1993	58.00	51.00	28.00	18.00	10.00
22	1994	91.49	64.20	36.20	24.70	12.40
23	1995	71.11	56.30	28.70	16.70	9.30
24	1996	81.30	60.20	32.40	17.90	11.10
25	1997	82.20	68.10	35.00	17.90	8.90
26	1998	92.00	66.30	40.60	27.10	13.50
27	1999	70.80	42.90	20.10	11.00	4.40
28	2003	27.26	17.80	8.20	5.40	4.00
29	2004	110.00	92.50	34.00	34.00	17.00
30	2005	6.67	6.30	5.20	3.90	3.20
31	2006	39.00	25.50	10.30	6.40	4.60
32	2007	15.43	15.40	5.50	2.80	2.30
33	2008	36.00	25.00	14.60	10.10	7.60
34	2009	85.50	51.20	29.40	17.00	8.80
35	2010	27.00	27.00	24.90	17.20	11.00
36	2011	16.50	15.00	9.20	7.10	5.30
37	2012	32.40	32.40	11.00	7.80	4.20

**I. TRANSPOSICIÓN DE INTENSIDADES (mm/hr)**

MICRO CUENCA :  
ALTITUD :  
Altitud Media :



2950 msnm

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA  
PROVINCIA : CAJABAMBA  
DISTRITO : CACHACHI

$$I_2 = I_1 \times \frac{(H_{media})}{H_1}$$

Donde:  
I2 : Intensidad de la micro cuenca  
I1 : Intensidad de la est. Cachachi

HMEDIA : De la micro cuenca  
H1 : Alt. de la est. Cachachi

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
	PROYECTO:	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
CÁLCULOS:	CAUDAL CON TIEMPO DE RETORNO DE 50 años	
UBICACIÓN:	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA	

n°	Año	5 min.	10 min.	30 min.	60 min.	120 min.
1	1973	93.02	66.39	22.10	12.89	10.13
2	1974	67.23	53.42	31.31	16.58	17.50
3	1975	82.89	46.05	22.10	14.74	9.21
4	1976	62.63	58.02	34.08	17.50	8.29
5	1977	59.87	48.81	34.08	19.34	10.13
6	1978	23.95	22.10	19.34	11.05	5.53
7	1979	55.26	55.26	35.00	21.18	12.89
8	1980	67.23	55.35	31.13	19.43	8.57
9	1981	61.89	50.47	26.80	14.28	11.97
10	1982	81.32	69.28	34.28	21.28	12.25
11	1983	69.35	46.42	28.92	21.83	12.89
12	1984	103.89	66.13	25.42	14.37	9.03
13	1985	54.63	50.10	23.58	13.54	7.46
14	1986	77.92	60.23	27.72	14.37	7.55
15	1987	70.00	45.31	19.89	12.16	7.37
16	1988	64.84	48.63	21.18	12.71	7.28
17	1989	67.79	44.02	25.79	14.74	8.84
18	1990	102.78	69.08	34.91	21.18	11.05
19	1991	76.44	67.23	37.76	23.95	12.89
20	1992	51.58	35.92	17.50	9.21	4.61
21	1993	53.42	46.97	25.79	16.58	9.21
22	1994	84.26	59.13	33.34	22.75	11.42
23	1995	85.49	51.85	26.43	15.38	8.57
24	1996	74.88	55.44	29.84	16.49	10.22
25	1997	75.71	62.72	32.24	18.49	8.20
26	1998	84.73	61.06	37.39	24.96	12.43
27	1999	65.21	39.51	18.51	10.13	4.05
28	2003	25.11	16.39	7.55	4.97	3.68
29	2004	101.31	65.19	31.31	31.31	15.66
30	2005	6.14	5.80	4.79	3.59	2.95
31	2006	35.92	23.49	9.49	5.89	4.24
32	2007	14.21	14.18	5.07	2.58	2.12
33	2008	33.16	23.03	13.45	9.30	7.00
34	2009	78.75	47.16	27.08	15.66	8.10
35	2010	24.87	24.87	22.93	15.84	10.13
36	2011	15.20	13.82	8.47	8.54	4.88
37	2012	29.84	29.84	10.13	7.18	3.87
PROMEDIO =		61.15	46.42	24.26	14.92	8.71
DS =		25.64	18.46	9.45	6.35	3.96

## II. SELECCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

### II.1. PARA EL MODELO MATEMÁTICO DE GUMBEL

PRUEBA DE BONDAD DE AJU: (T = 5 min)

$$F_{[x]} = e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^{\alpha}}}$$

Estimación de  $\mu$  Para N =

37

$$U = \bar{x} - \alpha u_y$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{\sigma_y}{S}$$

Donde:

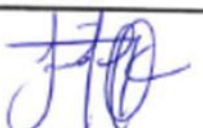
X = 61.15  
S = 25.64

$\sigma_y = 1.28255$   
 $\alpha = 19.99$

$u_y = 1.67721$   
 $\mu = 49.61$

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE PARA 5 min.

5 min.	m/(n+1)	P(X<x)		F(x)	P(X<x) - F(x)
		P(X<x) Weibull	1 - P(X>x)		
1	120.09	0.026	0.97	0.9710	0.003
2	118.82	0.053	0.95	0.9891	0.022
3	117.11	0.079	0.92	0.9854	0.045
4	107.53	0.105	0.89	0.9463	0.052
5	97.95	0.132	0.87	0.9147	0.046
6	97.41	0.156	0.84	0.9125	0.070
7	95.82	0.184	0.82	0.9056	0.090
8	94.00	0.211	0.79	0.8971	0.108
9	91.03	0.237	0.76	0.8816	0.118
10	90.07	0.263	0.74	0.8762	0.139

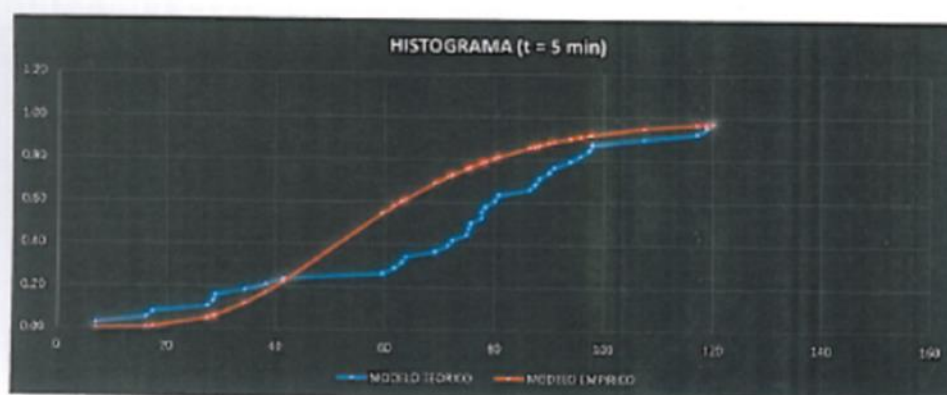
RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	CAUDAL CON TIEMPO DE RETORNO DE 50 años
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

10	88.37	0.289	0.71	0.8659	0.155
11	87.52	0.316	0.68	0.8605	0.176
12	86.56	0.342	0.66	0.8542	0.198
13	85.91	0.368	0.63	0.8474	0.180
14	80.17	0.395	0.61	0.8050	0.200
15	78.36	0.421	0.58	0.7895	0.210
16	77.72	0.447	0.55	0.7826	0.230
17	77.72	0.474	0.53	0.7826	0.256
18	75.71	0.500	0.50	0.7625	0.263
19	75.38	0.526	0.47	0.7591	0.265
20	74.95	0.553	0.45	0.7546	0.307
21	72.40	0.579	0.42	0.7262	0.305
22	71.55	0.605	0.39	0.7161	0.321
23	69.20	0.632	0.37	0.6870	0.319
24	63.88	0.658	0.34	0.6127	0.271
25	63.15	0.684	0.32	0.6016	0.286
26	61.75	0.711	0.29	0.5799	0.290
27	59.62	0.737	0.26	0.5464	0.282
28	41.52	0.763	0.24	0.2234	0.013
29	38.33	0.789	0.21	0.1723	0.038
30	34.50	0.816	0.18	0.1188	0.065
31	29.02	0.842	0.16	0.0608	0.097
32	28.75	0.868	0.13	0.0584	0.073
33	27.68	0.895	0.11	0.0500	0.055
34	17.57	0.921	0.08	0.0070	0.072
35	16.43	0.947	0.05	0.0052	0.047
36	7.10	0.974	0.03	0.0002	0.026
37					

**Δ MAX** 0.321



PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE (T = 10 min)

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)}}$$

Estimación de los parámetros:  
Para N= 37

$$U = \bar{x} - \alpha u_y$$



$$\frac{1}{\alpha} = \frac{\sigma_y}{S}$$

Dónde:

X = 46.42  
S = 18.46

$\sigma_y = 1.28255$   
 $\alpha = 14.39$

$u_y = 0.57721$   
 $u = 38.12$

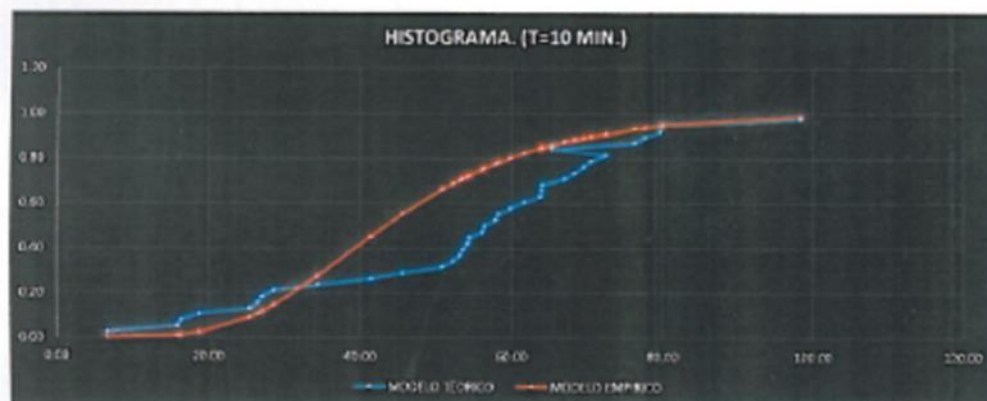
RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	CAUDAL CON TIEMPO DE RETORNO DE 50 años
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE PARA 10 min.

10 min.	m/(n+1)	P(X<x)	P(x)	P(X<x)
n*	96.46	0.026	0.97	0.9600
1	80.06	0.053	0.96	0.9472
2	79.85	0.079	0.92	0.9464
3	77.72	0.106	0.89	0.9382
4	76.44	0.132	0.87	0.9326
5	65.39	0.158	0.84	0.8604
6	72.50	0.184	0.82	0.9124
7	70.59	0.211	0.79	0.9006
8	69.63	0.237	0.76	0.8941
9	68.35	0.263	0.74	0.8848
10	67.07	0.289	0.71	0.8748
11	64.09	0.316	0.68	0.8483
12	63.99	0.342	0.66	0.8473
13	63.88	0.368	0.63	0.8462
14	61.75	0.395	0.61	0.8240
15	59.94	0.421	0.58	0.8029
16	58.34	0.447	0.55	0.7825
17	57.92	0.474	0.53	0.7767
18	56.43	0.500	0.50	0.7556
19	56.21	0.526	0.47	0.7525
20	54.51	0.553	0.45	0.7261
21	54.30	0.579	0.42	0.7226
22	53.66	0.605	0.39	0.7120
23	53.23	0.632	0.37	0.7048
24	52.36	0.658	0.34	0.6899
25	50.89	0.684	0.32	0.6626
26	45.67	0.711	0.29	0.5535
27	41.52	0.737	0.26	0.4542
28	34.50	0.763	0.24	0.2764
29	28.75	0.789	0.21	0.1470
30	27.15	0.816	0.18	0.1174
31	26.62	0.842	0.16	0.1083
32	25.55	0.868	0.13	0.0913
33	18.95	0.895	0.11	0.0227
34	16.40	0.921	0.08	0.0109
35	15.97	0.947	0.05	0.0095
36	6.71	0.974	0.03	0.0001
37				

**Δ MAX** 0.348



EBA DE BONDAD DE AJUSTE (T = 10 min)

$$F_{[x]} = e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)}}$$

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	CAUDAL CON TIEMPO DE RETORNO DE 50 años
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

Estimación de  $\alpha$  Para  $N=$

37

$$U = \bar{x} - \alpha u_y$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{\sigma_y}{S}$$

Donde:

$\bar{x} = 24.24$   
 $S = 9.45$

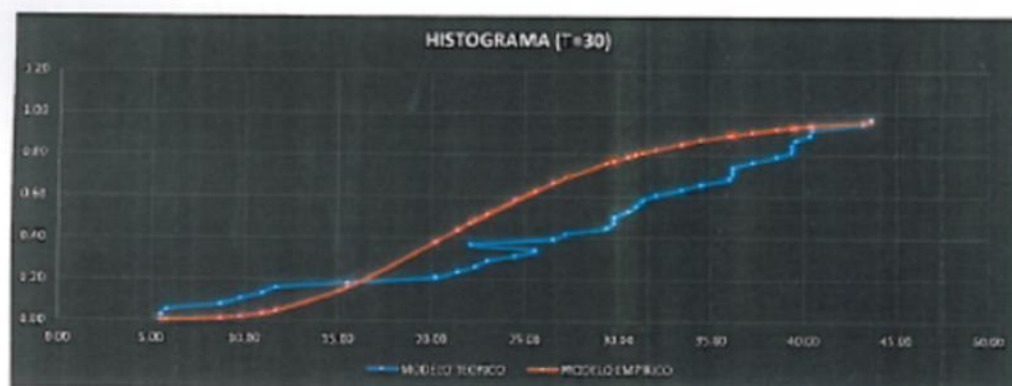
$\sigma_y = 1.28255$   
 $\alpha = 7.37$

$u_y = 0.57721$   
 $u = 19.98$

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE PARA 30 min.

n	30 min.	m(n+1)		P(X<x)		F(x)		P(X<x) - F(x)
		P(X<x) Weibull	1 - P(X>x)	1 - P(X>x)	F(X < x)	F(X < x)		
1	43.65	0.026	0.97	0.9698	0.013			
2	43.23	0.053	0.95	0.9583	0.011			
3	40.46	0.079	0.92	0.9398	0.019			
4	40.35	0.105	0.89	0.9390	0.044			
5	39.61	0.132	0.87	0.9327	0.064			
6	39.39	0.158	0.84	0.9308	0.089			
7	39.39	0.184	0.82	0.9308	0.115			
8	38.54	0.211	0.79	0.9227	0.133			
9	37.26	0.237	0.76	0.9087	0.146			
10	36.20	0.263	0.74	0.8953	0.158			
11	36.20	0.289	0.71	0.8953	0.185			
12	35.99	0.316	0.68	0.8924	0.208			
13	34.50	0.342	0.66	0.8899	0.212			
14	33.43	0.368	0.63	0.8512	0.220			
15	32.05	0.395	0.61	0.8233	0.216			
16	31.30	0.421	0.58	0.8064	0.227			
17	30.98	0.447	0.55	0.7988	0.246			
18	30.66	0.474	0.53	0.7882	0.262			
19	29.81	0.500	0.50	0.7685	0.266			
20	29.81	0.526	0.47	0.7685	0.295			
21	29.38	0.553	0.45	0.7565	0.309			
22	27.26	0.579	0.42	0.6890	0.268			
23	26.51	0.605	0.39	0.6622	0.267			
24	22.10	0.632	0.37	0.4725	0.194			
25	26.55	0.658	0.34	0.6253	0.283			
26	24.49	0.684	0.32	0.5813	0.265			
27	23.00	0.711	0.29	0.5147	0.225			
28	22.36	0.737	0.26	0.4846	0.221			
29	21.40	0.763	0.24	0.4382	0.201			
30	20.23	0.789	0.21	0.3801	0.170			
31	15.54	0.816	0.18	0.1609	0.023			
32	11.71	0.842	0.16	0.0462	0.112			
33	10.97	0.868	0.13	0.0333	0.098			
34	9.79	0.895	0.11	0.0185	0.067			
35	8.73	0.921	0.08	0.0100	0.069			
36	5.86	0.947	0.05	0.0011	0.052			
37	5.54	0.974	0.03	0.0008	0.025			

$\Delta \text{ MAX} = 0.309$



PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE (T = 60 min)

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^\alpha}}$$

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
	PROYECTO:	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
CÁLCULOS:	CAUDAL CON TIEMPO DE RETORNO DE 50 años	
UBICACIÓN:	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA	

Estimación de  $\alpha$  Para  $N=$

37

$$U = \bar{x} - \alpha u_y$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{\sigma_y}{S}$$

Donde:

$\bar{x} = 14.92$   
 $S = 6.35$

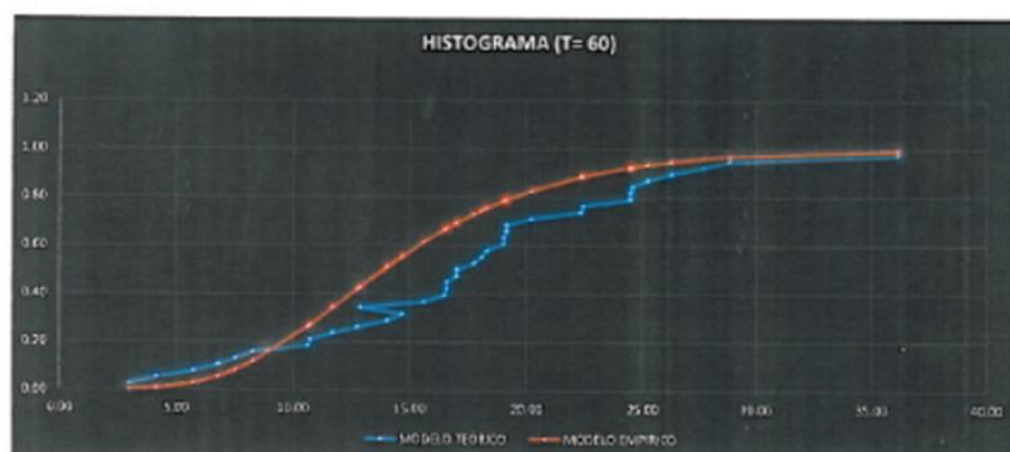
$\sigma_y = 1.28266$   
 $\alpha = 4.95$

$u_y = 0.57721$   
 $u = 12.06$

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE PARA 60 min.

n°	60 min	m/(n+1)	P(X<x)	F(x)	P(X<x) - F(x)
		P(X>x) Weibull	1 - P(X>x)	F(X < x)	
1	36.20	0.026	0.97	0.9924	0.019
2	28.85	0.053	0.95	0.9670	0.020
3	27.88	0.079	0.92	0.9583	0.037
4	26.30	0.105	0.89	0.9452	0.050
5	25.23	0.132	0.87	0.9325	0.064
6	24.59	0.158	0.84	0.9236	0.082
7	24.49	0.184	0.82	0.9220	0.106
8	24.49	0.211	0.79	0.9220	0.133
9	22.46	0.237	0.76	0.8850	0.122
10	22.36	0.263	0.74	0.8826	0.146
11	20.23	0.289	0.71	0.8253	0.115
12	19.16	0.316	0.68	0.7882	0.104
13	19.16	0.342	0.66	0.7882	0.130
14	19.06	0.368	0.63	0.7841	0.153
15	19.06	0.395	0.61	0.7841	0.179
16	18.31	0.421	0.58	0.7537	0.175
17	18.10	0.447	0.55	0.7444	0.192
18	17.78	0.474	0.53	0.7299	0.204
19	17.03	0.500	0.50	0.6935	0.193
20	17.03	0.526	0.47	0.6935	0.220
21	16.61	0.553	0.45	0.6710	0.224
22	16.61	0.579	0.42	0.6710	0.250
23	16.50	0.605	0.39	0.6652	0.270
24	15.65	0.632	0.37	0.6162	0.248
25	12.89	0.658	0.34	0.4285	0.087
26	14.69	0.684	0.32	0.5556	0.240
27	14.05	0.711	0.29	0.5124	0.223
28	12.78	0.737	0.26	0.4208	0.158
29	11.71	0.763	0.24	0.3419	0.105
30	10.75	0.789	0.21	0.2718	0.061
31	10.65	0.816	0.18	0.2642	0.080
32	8.30	0.842	0.16	0.1181	0.040
33	7.56	0.868	0.13	0.0834	0.048
34	6.81	0.895	0.11	0.0557	0.050
35	5.75	0.921	0.08	0.0279	0.051
36	4.15	0.947	0.05	0.0071	0.046
37	2.98	0.974	0.03	0.0019	0.024

**Δ MAX** 0.270



RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	CAUDAL CON TIEMPO DE RETORNO DE 50 años
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE (T = 120 min)

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)}}$$

Estimación de  $\mu$  Para  $N=$

37

$$U = \bar{x} - \alpha u_y$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{\sigma_y}{S}$$

Donde:

$\bar{x} = 8.71$   
 $S = 3.56$

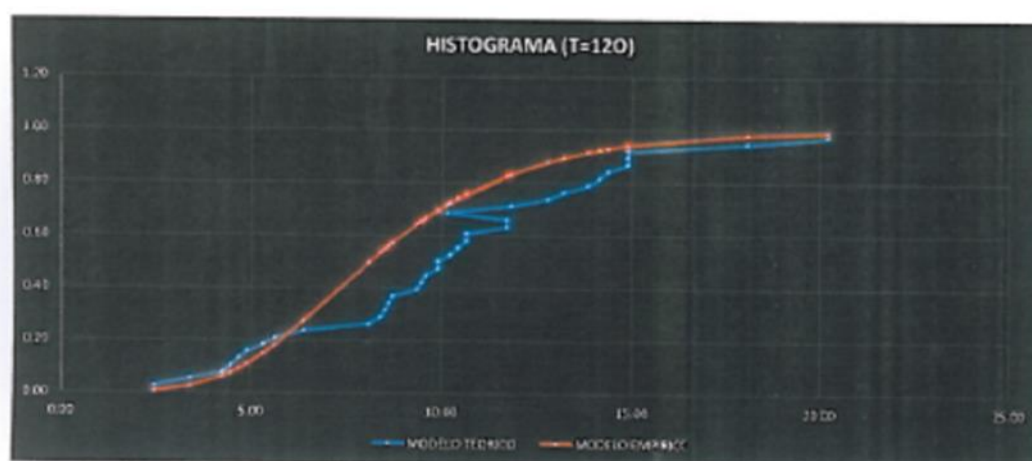
$\sigma_y = 1.28255$   
 $\alpha = 2.78$

$u_y = 0.57721$   
 $u = 7.11$

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE PARA 120 min.

	120 min.	$m/(n+1)$	$P(X \leq x)$	$F(x)$	$ P(X \leq x) - F(x) $
$n^{\circ}$		$P(X \leq x)$ Weibull	$1 - P(X > x)$	$F(x)$	
1	20.23	0.026	0.97	0.9812	0.018
2	18.10	0.053	0.95	0.9811	0.034
3	14.91	0.079	0.92	0.9416	0.021
4	14.91	0.105	0.89	0.9416	0.047
5	14.91	0.132	0.87	0.9416	0.073
6	14.37	0.158	0.84	0.9297	0.088
7	14.16	0.184	0.82	0.9243	0.109
8	13.84	0.211	0.79	0.9165	0.126
9	13.20	0.237	0.76	0.8948	0.132
10	12.78	0.263	0.74	0.8784	0.142
11	11.82	0.289	0.71	0.8327	0.122
12	10.13	0.316	0.68	0.7145	0.030
13	11.71	0.342	0.66	0.8268	0.160
14	11.71	0.368	0.63	0.8268	0.195
15	10.65	0.395	0.61	0.7564	0.151
16	10.65	0.421	0.58	0.7564	0.177
17	10.43	0.447	0.55	0.7398	0.187
18	10.22	0.474	0.53	0.7222	0.196
19	9.90	0.500	0.50	0.6941	0.194
20	9.90	0.526	0.47	0.6941	0.220
21	9.58	0.553	0.45	0.6639	0.216
22	9.48	0.579	0.42	0.6533	0.232
23	9.37	0.605	0.39	0.6425	0.248
24	8.73	0.632	0.37	0.5730	0.205
25	8.62	0.658	0.34	0.5807	0.219
26	8.52	0.684	0.32	0.5481	0.232
27	8.41	0.711	0.29	0.5354	0.246
28	8.09	0.737	0.26	0.4961	0.233
29	8.39	0.763	0.24	0.2739	0.037
30	5.64	0.789	0.21	0.1838	0.027
31	5.32	0.816	0.18	0.1495	0.035
32	4.90	0.842	0.16	0.1091	0.049
33	4.68	0.868	0.13	0.0914	0.040
34	4.47	0.895	0.11	0.0755	0.030
35	4.28	0.921	0.08	0.0615	0.017
36	3.41	0.947	0.05	0.0226	0.030
37	2.45	0.974	0.03	0.0047	0.022

$\Delta \text{ MAX} = 0.248$



RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	CAUDAL CON TIEMPO DE RETORNO DE 50 años
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

CUADRO RESUMEN					
(Δc máx)	0.321	0.348	0.309	0.270	0.248
Duración de Intensidad	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min

Cálculo del Δc Crítico

Tamaño muestral N	Nivel de significación =				
	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.510	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.521	0.613
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.410	0.493
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.466
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.21	0.22	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.20	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.19	0.21	0.23	0.27
N > 35	1.17	1.14	1.22	1.36	1.63
	N	N	N	N	N

(Para N>35 y nivel de signif.=5%; otros casos valor de Tabla)

$$\Delta c = \frac{1.36}{\sqrt{N}} = 0.224$$

Del cuadro resumen anterior podemos ver que:

Si los Δcmáx < Δc, entonces se puede afirmar que los datos se ajustan al modelo de Gumbel.  
Si no, probar con otro Modelo.

$$x = u - \alpha \left( \ln \left( - \ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right)$$

#### PARÁMETROS PARA MODELO GUMBELL

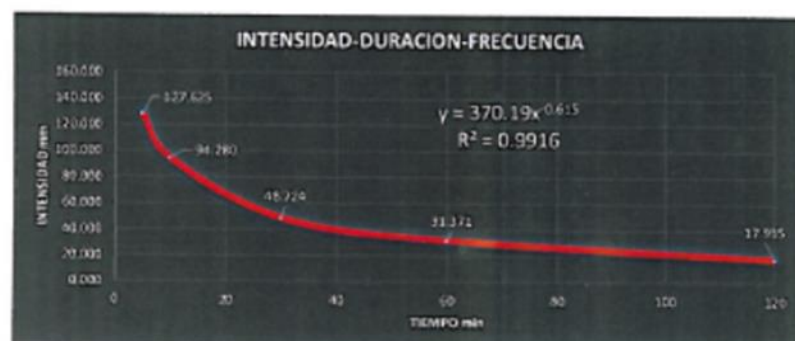
Parámetro	5min	10min	30min	60min	120min
Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
Promedio	61.15	46.42	24.24	14.92	8.71
Desv.est.	25.64	18.46	9.45	6.35	3.56
α	19.99	14.39	7.37	4.95	2.78
u	49.61	38.12	19.98	12.06	7.11

#### CÁLCULO PARA DE LAS INTENSIDADES PARA UN TIEMPO DE RETORNO DE 50 AÑOS PARA UN PUENTE

TR =	50			
Max. 5min	Max. 10min	Max. 30min	Max. 60min	Max. 120min
127.625	94.280	48.724	31.371	17.935

TABLA N° 9: GRAFICA INTENSIDAD - DURACION - TIEMPO DE RETORNO

Tiempo (Min.)	Intensidades (m.m)	Tiempo (Min.)	Intensidades (m.m)
5	127.625	5	127.625
10	94.280	10	94.280
30	48.724	30	48.724
60	31.371	60	31.371
120	17.935	120	17.935



RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	CAUDAL CON TIEMPO DE RETORNO DE 50 años
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

**ECUACIÓN DE AJUSTE DE LA CURVA**

$$Y = 370.19 X^{0.615}$$

Intensidad de Precipitación (I)

$$I = \left( \frac{P}{T_c} \right)^{0.75} (1.1)^{\frac{2.5}{T_c} - \frac{P_c}{1.1}}$$

A) Coeficiente de Uniformidad (K)

Donde:

I = Intensidad

T<sub>c</sub> = Tiempo de Concentración en horas

P = Precipitación Máxima Corregida (mm)

T<sub>c</sub>: Tiempo de Concentración (Horas)

Tiempo de Concentración (T<sub>c</sub>):

B) Tiempo de Concentración (T<sub>c</sub>):

$$T_c = 0.31 \left( \frac{L}{S} \right)^{0.75}$$

L: Longitud del cauce mayor (Km)

S: Pendiente promedio del cauce mayor (mm)

$$T_c = 1.23 \text{ horas}$$

Coeficiente de Similitud o Factor de Reductor (K<sub>r</sub>)

$$K_r = 1 - (\log_{10} A / 15)$$

Donde:

A : Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

$$K_r = 0.85$$

Precipitación Máxima Corregida sobre la cuenca (P)

$$P = k_r P_r$$

Donde:

k<sub>r</sub> : Factor reductor

P<sub>r</sub> : Precipitación máxima diaria

$$P = 365.61 \text{ mm}$$

Resolviendo la ecuación (a):

$$I = \left( \frac{P}{T_c} \right)^{0.75} (1.1)^{\frac{2.5}{T_c} - \frac{P_c}{1.1}}$$

$$I = 149.76 \text{ mm/h}$$


Coeficiente de Uniformidad (K):

A) Coeficiente de Uniformidad (K)

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

T<sub>c</sub>: Tiempo de Concentración (Horas)

B) Tiempo de Concentración (T<sub>c</sub>):

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	CAUDAL CON TIEMPO DE RETORNO DE 50 años
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

**USANDO EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL**

$$Q = K \frac{C \cdot I \cdot A}{3.6}$$

Donde:  
Q = Caudal (m³/s)  
C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)  
I = Intensidad en (mm/h)  
A = área de la cuenca en (km²)  
K = Coeficiente de Uniformidad

pendiente de la cuenca 20.55%

COBERTURA DEL SUELO	TIPO DE SUELO	> 60	20-60	5-20	1-5	0-1
Sin vegetación	Impermeable	0.60	0.75	0.70	0.55	0.40
	Semipermable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosque, vegetación densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente:  
"Coeficientes de escorrentía, según BENÍTEZ et al. (1980), citado por Lemus Y Navarro (2003)"

I = 149.763 mm/h  
A = 152.925 Km²  
C = 0.200  
K = 1.084  
I = 4.16E-05 m/s  
A = 152925000 m²

Para: el promedio de la pendiente de cuenca 28.7 y vamos a la tabla. Y escogemos el que se aproxima (20 - 50)%, con Bosque, vegetación densa y un tipo de suelo PERMEABLE

REEMPLAZANDO LA FORMULA:

$$Q = K \frac{C \cdot I \cdot A}{3.6}$$

CAUDAL REAL FINAL

Q = 383.25 m³/s

CAUDAL SELECCIONADO PARA EL DISEÑO DEL ESPIGÓN

**USANDO EL MÉTODO RACIONAL TRADICIONAL PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL**

$$Q = 0.278 C I A$$

Donde:  
Q = Caudal (m³/s)  
C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)  
I = Intensidad en (mm/h)  
A = área de la cuenca en (km²)

COBERTURA DEL SUELO	TIPO DE SUELO	> 60	20-60	5-20	1-5	0-1
Sin vegetación	Impermeable	0.60	0.75	0.70	0.55	0.40
	Semipermable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosque, vegetación densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente:  
"Coeficientes de escorrentía, según BENÍTEZ et al. (1980), citado por Lemus Y Navarro (2003)"

I = 149.7627982 mm/h  
A = 152.925 Km²  
C = 0.2  
I = 4.16E-05 m/s  
A = 152925000 m²



Para: El promedio de la pendiente de cuenca 28.7 y vamos a la tabla. Y escogemos el que se aproxima (20 - 50)%, con Bosque, vegetación densa y un tipo de suelo PERMEABLE

REEMPLAZANDO LA FORMULA:

$$Q = 0.278 C I A$$

CAUDAL REAL FINAL

Q = 353.72 m³/s

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	



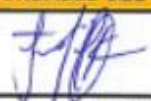
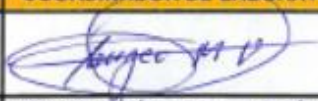
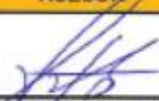
Anexo N°04: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA								
PROTOCOLO								
ENSAYO		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS				CÓDIGO DEL DOCUMENTO:		
NORMA		MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012				AGGF-LC-UPNC:		
PROYECTO		"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO – DISTRITO DE CACHACHI – PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"						
CANTERA:		Río Cajamarquino C-01		TM:	3"			
UBICACIÓN:		Machilcucho - Cajabamba		TMN:	2.5"			
FECHA DE MUESTRA:		14/05/2018		M.F:				
FECHA DE ENSAYO:		18/05/2018		HUSO A UTILIZAR:	ARENA GRUESA			
RESPONSABLE:				REVISADO POR:				

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométrico (Depende TMN, Revisar Norma ASTM C33)	
	(pulg)	(mm)					Límite Superior	Límite Inferior
1	2 ½"	51.35	4147	7.89	7.89	92.11	100	100
2	2"	50.6	1978	3.75	11.64	88.36	100	100
1	1 ½"	37.5	11237	21.38	33.02	66.98	100	100
2	1"	25	8281	15.75	48.77	51.23	100	100
3	¾"	19	8608	16.38	65.15	34.85	100	100
4	1/2"	12.5	8790	16.72	81.87	18.13	100	100
5	3/8"	9.5	7530	14.32	96.20	3.8	100	100
6	N° 4	4.75	1000	1.90	98.10	1.9	95	100
7	Bandeja	-	30					

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jhon Acuña Olivares	NOMBRE: Víctor Carlos Murchan	NOMBRE: Ing. Luis Vázquez Ramírez
FECHA: 18/05/2018	FECHA: 18/05/2018	FECHA: 22/05/2018

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC/
	NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012	
	PROYECTO	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO – DISTRITO DE CACHACHI – PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"	
CANTERA:	Río Cajamarquino C-01	TM:	3"
UBICACIÓN:	Machilcucho - Cajabamba	TMN:	2.5"
FECHA DE MUESTRA:	14/05/2018	M.F:	
FECHA DE ENSAYO:	18/05/2018	HUSO A UTILIZAR:	ARENA GRUESA
RESPONSABLE:		REVISADO POR:	

### AGREGADO GRUESO

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométrico (Depende TMN, Revisar Norma ASTM C33)	
	(pulg)	(mm)					Límite Superior	Límite Inferior
1	2 1/2"	51.35	4147	7.89	7.89	92.11	100	100
2	2"	50.8	1978	3.75	11.64	88.36	100	100
1	1 1/2"	37.5	11237	21.36	33.02	66.98	100	100
2	1"	25	8281	15.75	48.77	51.23	100	100
3	3/4"	19	8608	16.38	65.15	34.85	100	100
4	1/2"	12.5	8790	16.72	81.87	18.13	100	100
5	3/8"	9.5	7530	14.32	96.20	3.8	100	100
6	N° 4	4.75	1000	1.90	98.10	1.9	95	100
7	Bandeja	-	30					

#### OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jhon Acuña Olivares	NOMBRE: Víctor Cuzco Huichan	NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 18/05/2018	FECHA: 18/05/2018	FECHA: 22/05/2018



LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012		AGGF-LC-UPNC: .....
PROYECTO	“EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO – DISTRITO DE CACHACHI – PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO”		
CANTERA:	Río Cajamarquino C-01	TM:	3"
UBICACIÓN:	Machilcucho - Cajabamba	TMN:	2.5"
FECHA DE MUESTRA:	14/05/2018	M.F:	
FECHA DE ENSAYO:	18/05/2018	HUSO A UTILIZAR:	ARENA GRUESA
RESPONSABLE:		REVISADO POR:	

**Nota:** El tamaño máximo (TM), se calcula como el menor tamiz en el que pasa el 100% y el tamaño máximo nominal (TMN), se calcula como el tamiz superior al que retiene mayor o igual del 10% retenido acumulado. **Norma ASTM C33**


### AGREGADO FINO

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométrico (Depende TMN, Revisar Norma ASTM C33)	
	(pulg)	(mm)					Límite Superior	Límite Inferior
1	N° 4	4.75	1000	1.90	98.43	1.56	95	100
2	N° 8	2.36	220	0.42	98.85	1.15	80	100
3	N° 10	2.00	177	0.34	99.13	0.81	-	-
4	N° 16	1.18	146	0.26	99.19	0.87	50	85
5	N° 30	0.6	67	0.13	99.26	0.74	25	60
6	N° 50	0.3	145	0.26	99.54	0.46	10	30
7	N° 100	0.15	118	0.22	99.76	0.24	2	10
8	N° 200	0.075	95	0.18	99.94	0.06	0	3
9	Bandeja	0	30	0.057	100	0.00	-	-

Nota: Para calcular el módulo de finura no utilizar la malla N° 10 y N° 200, además para el cálculo utilizar la siguiente ecuación:

$$M.F = \frac{(\sum \% \text{ Retenido acumulado en las mallas N° 4, 8, 16, 30, 50 y 100})}{100}$$

#### OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jhon Acuña Olivares.	NOMBRE: Víctor Cozco Michan	NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 18/05/2018	FECHA: 18/05/2018	FECHA: 22/05/2018

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO</b>	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA</b>	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012		AGGF-LC-UPNC: 001-2018
<b>PROYECTO</b>	“EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO – DISTRITO DE CACHACHI – PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO”		
<b>CANTERA:</b>	Río Cajamarquino C-01	<b>TM:</b>	3"
<b>UBICACIÓN:</b>	Machilcucho - Cajabamba	<b>TMN:</b>	2.5"
<b>FECHA DE MUESTRA:</b>	14/05/2018	<b>M.F:</b>	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	18/05/2018	<b>HUSO A UTILIZAR:</b>	ARENA GRUESA
<b>RESPONSABLE:</b>		<b>REVISADO POR:</b>	

**CURVA GRANULOMETRICA**

Diámetro (mm)	Porcentaje que pasa (%)
0.075	0
0.15	0
0.3	100
0.6	100
1.18	100
2.5	100
4.75	100
7.5	100
15	100
30	100
60	100
75	100

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
NOMBRE: Jhon Acuña Olivares	NOMBRE: Víctor Torres Kinchen	NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 18/05/2018	FECHA: 18/05/2018	FECHA: 22/05/2018


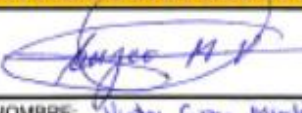



LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA								
PROTOCOLO								
ENSAYO		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS				CÓDIGO DEL DOCUMENTO:		
NORMA		MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012				AGGF-LC-UPNC: 000000000		
PROYECTO		"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO – DISTRITO DE CACHACHI – PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"						
CANTERA:		Río Cajamarquino C-02	TM:		3"			
UBICACIÓN:		Machilcucho - Cajabamba	TMN:		2.5"			
FECHA DE MUESTRA:		14/05/2018	M.F:					
FECHA DE ENSAYO:		18/05/2018	HUSO A UTILIZAR:		ARENA GRUESA			
RESPONSABLE:			REVISADO POR:					

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométrico (Depende TMN, Revisar Norma ASTM C33)	
	(pulg)	(mm)					Límite Superior	Límite Inferior
1	2 1/2"	51.35	5013	9.54	9.54	90.46	100	100
2	2"	50.8	6866	13.06	22.60	77.40	100	100
1	1 1/2"	37.5	7195	13.89	36.29	63.71	100	100
2	1"	25	7110	13.53	49.81	50.19	100	100
3	3/4"	19	5439	10.35	60.16	39.84	100	100
4	1/2"	12.5	6195	11.79	71.94	28.06	100	100
5	3/8"	9.5	5195	9.80	81.83	18.17	100	100
6	N° 4	4.75	7294	13.88	95.70	4.30	95	100
7	Bandeja	-	50					

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jhon Acuña Olivares	NOMBRE: Víctor Cuzco Muñoz	NOMBRE: Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 18/05/2018	FECHA: 18/05/2018	FECHA: 22/05/2018

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA								
PROTOCOLO								
ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS					CÓDIGO DEL DOCUMENTO:		
NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012					AGGF-LC-UPNC: .....		
PROYECTO	“EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO – DISTRITO DE CACHACHI – PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO”							
CANTERA:	Río Cajamarquino C-02		TM:	3"				
UBICACIÓN:	Machilcucho - Cajabamba		TMN:	2.5"				
FECHA DE MUESTRA:	14/05/2018		M.F:					
FECHA DE ENSAYO:	18/05/2018		HUSO A UTILIZAR:	ARENA GRUESA				
RESPONSABLE:			REVISADO POR:					


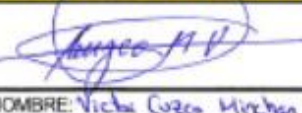

  

### AGREGADO GRUESO

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométrico (Depende TMN, Revisar Norma ASTM C33)	
	(pulg)	(mm)					Límite Superior	Límite Inferior
1	2 1/2"	51.36	5013	9.54	9.54	90.46	100	100
2	2"	50.8	6966	13.06	22.60	77.40	100	100
1	1 1/2"	37.5	7195	13.69	36.29	63.71	100	100
2	1"	25	7110	13.53	49.81	50.19	100	100
3	3/4"	19	5439	10.35	60.16	39.84	100	100
4	1/2"	12.5	6195	11.79	71.94	28.06	100	100
5	3/8"	9.5	5195	9.88	81.83	18.17	100	100
6	N° 4	4.75	7294	13.86	95.70	4.30	95	100
7	Bandeja	-	30					

**Nota:** El tamaño máximo (TM), se calcula como el menor tamiz en el que pasa el 100% y el tamaño máximo nominal (TMN), se calcula como el tamiz superior al que retiene mayor o igual del 10% retenido acumulado. **Norma ASTM C33**

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jhon Acuña Olivares	NOMBRE: Víctor Cuzco Mirón	NOMBRE: Vto. Luis Vázquez Ramírez
FECHA: 18/05/2018	FECHA: 18/05/2018	FECHA: 22/05/2018

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA								
PROTOCOLO								
ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS					CÓDIGO DEL DOCUMENTO:		
NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012					AGGF-LC-UPNC: .....		
PROYECTO	“EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO – DISTRITO DE CACHACHI – PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO”							
CANTERA:	Río Cajamarquino C-02		TM:	3"				
UBICACIÓN:	Machilcucho - Cajabamba		TMN:	2.5"				
FECHA DE MUESTRA:	14/05/2018		M.F:					
FECHA DE ENSAYO:	18/05/2018		HUSO A UTILIZAR:	ARENA GRUESA				
RESPONSABLE:			REVISADO POR:					


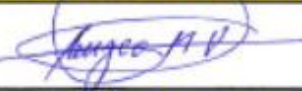

  

### AGREGADO GRUESO

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométrico (Depende TMN, Revisar Norma ASTM C33)	
	(pulg)	(mm)					Límite Superior	Límite Inferior
1	2 1/2"	51.36	5013	9.54	9.54	90.46	100	100
2	2"	50.8	6966	13.06	22.60	77.40	100	100
1	1 1/2"	37.5	7195	13.69	36.29	63.71	100	100
2	1"	25	7110	13.53	49.81	50.19	100	100
3	3/4"	19	5439	10.35	60.16	39.84	100	100
4	1/2"	12.5	6195	11.79	71.94	28.06	100	100
5	3/8"	9.5	5195	9.88	81.83	18.17	100	100
6	N° 4	4.75	7294	13.86	95.70	4.30	95	100
7	Bandeja	-	30					

**Nota:** El tamaño máximo (TM), se calcula como el menor tamiz en el que pasa el 100% y el tamaño máximo nominal (TMN), se calcula como el tamiz superior al que retiene mayor o igual del 10% retenido acumulado. **Norma ASTM C33**

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jhon Acuña Olivares	NOMBRE: Víctor Cuzco Mirón	NOMBRE: Vto. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 18/05/2018	FECHA: 18/05/2018	FECHA: 22/05/2018



LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC: .....
NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012		
PROYECTO	“EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO – DISTRITO DE CACHACHI – PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO”		
CANTERA:	Río Cajamarquino C-02	TM:	3°
UBICACIÓN:	Machilcucho - Cajabamba	TMN:	2.5°
FECHA DE MUESTRA:	14/05/2018	M.F:	
FECHA DE ENSAYO:	18/05/2018	HUSO A UTILIZAR:	ARENA GRUESA
RESPONSABLE:		REVISADO POR:	

**CURVA GRANULOMETRICA**

El gráfico muestra una curva granulométrica para arena gruesa. El eje horizontal (DIAMETRO [mm]) es logarítmico, con marcas principales en 0.01, 0.1, 1, 10 y 100. El eje vertical (PORCENTAJE QUE PASA (%)) es lineal, con marcas de 0 a 120 en incrementos de 20. La curva comienza en 0% para 0.075 mm, permanece en 0% hasta 0.15 mm, luego sube a 10% a 0.3 mm, 25% a 0.6 mm, 45% a 1.18 mm, 55% a 2.0 mm, 65% a 3.55 mm, 75% a 6.0 mm, 85% a 10.5 mm, 95% a 19.0 mm y finalmente 100% a 75 mm. Un recuadro con la etiqueta 'HUSO GRANULOMÉTRICO' apunta a la curva.

OBSERVACIONES:		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
NOMBRE: Jhon Acuña Olivares	NOMBRE: Víctor Cuzco Murcho	NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 18/05/2018	FECHA: 18/05/2018	FECHA: 22/05/2018

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012		AGGF-LC-UPNC: .....
PROYECTO	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO – DISTRITO DE CACHACHI – PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"		
CANTERA:	Río Cajamarquino C-03	TM:	3"
UBICACIÓN:	Machilcucho - Cajabamba	TMN:	2.5"
FECHA DE MUESTRA:	14/05/2018	M.F:	
FECHA DE ENSAYO:	18/05/2018	HUSO A UTILIZAR:	ARENA GRUESA
RESPONSABLE:		REVISADO POR:	

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométrico (Depende TMN, Revisar Norma ASTM C33)	
	(pulg)	(mm)					Límite Superior	Límite Inferior
1	2 1/2"	51.35	1324	7.89	7.89	92.11	100	100
2	2"	50.8	1285	3.75	11.64	88.36	100	100
1	1 1/2"	37.5	96689	21.38	33.02	66.98	100	100
2	1"	25	8034	15.75	48.77	51.23	100	100
3	3/4"	19	6734	16.38	65.15	34.85	100	100
4	1/2"	12.5	7720	16.72	81.87	18.13	100	100
5	3/8"	9.5	6619	14.32	96.20	3.8	100	100
6	N° 4	4.75	8840	1.90	98.10	1.9	95	100
7	Bandeja	-	48					

**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jhon Acuña Olivares	NOMBRE: Víctor Cuzco Manchón	NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 18/05/2018	FECHA: 18/05/2018	FECHA: 22/05/2018



LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012		AGGF-LC-UPNC:
PROYECTO	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO – DISTRITO DE CACHACHI – PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"		
CANTERA:	Río Cajamarquino C-03	TM:	3"
UBICACIÓN:	Machilcucho - Cajabamba	TMN:	2.5"
FECHA DE MUESTRA:	14/05/2018	M.F:	
FECHA DE ENSAYO:	18/05/2018	HUSO A UTILIZAR:	ARENA GRUESA
RESPONSABLE:		REVISADO POR:	

### AGREGADO GRUESO

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométrico (Depende TMN, Revisar Norma ASTM C33)	
	(pulg)	(mm)					Límite Superior	Límite Inferior
1	2 1/2"	61.35	1324	7.89	7.89	92.11	100	100
2	2"	50.8	1285	3.75	11.64	88.36	100	100
1	1 1/2"	37.5	90689	21.38	33.02	66.98	100	100
2	1"	25	8034	15.75	48.77	51.23	100	100
3	3/4"	19	6734	16.38	65.15	34.85	100	100
4	1/2"	12.5	7720	16.72	81.87	18.13	100	100
5	3/8"	9.5	6619	14.32	96.20	3.8	100	100
6	N° 4	4.75	8840	1.90	98.10	1.9	95	100
7	Bandeja	-	48					

**Nota:** El tamaño máximo (TM), se calcula como el menor tamiz en el que pasa el 100% y el tamaño máximo nominal (TMN), se calcula como el tamiz superior al que retiene mayor o igual del 10% retenido acumulado. **Norma ASTM C33**

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jhon Acuña Olivares	NOMBRE: Víctor Cuzco Munchan	NOMBRE: Ing. Luis Vázquez Ramírez
FECHA: 18/05/2018	FECHA: 18/05/2018	FECHA: 22/05/2018

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012		AGGF-LC-UPNC: .....
PROYECTO	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO – DISTRITO DE CACHACHI – PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"		
CANTERA:	Río Cajamarquino C-03	TM:	3"
UBICACIÓN:	Machilcucho - Cajabamba	TMN:	2.5"
FECHA DE MUESTRA:	14/05/2018	M.F:	
FECHA DE ENSAYO:	18/05/2018	HUSO A UTILIZAR:	ARENA GRUESA
RESPONSABLE:		REVISADO POR:	

### AGREGADO FINO

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométrico (Depende TMN, Revisar Norma ASTM C33)	
	(pulg)	(mm)					Límite Superior	Límite Inferior
1	N° 4	4.75	850	1.90	98.43	1.56	95	100
2	N° 8	2.36	210	0.42	98.85	1.15	80	100
3	N° 10	2.00	157	0.34	99.13	0.81	-	-
4	N° 16	1.18	125	0.28	99.19	0.87	50	85
5	N° 30	0.6	89	0.13	99.26	0.74	25	60
6	N° 50	0.3	135	0.28	99.54	0.46	10	30
7	N° 100	0.15	197	0.22	99.76	0.24	2	10
8	N° 200	0.075	30	0.18	99.94	0.06	0	3
9	Bandeja	0	78	0.057	100	0.00	-	-

Nota: Para calcular el módulo de finura no utilizar la malla N° 10 y N° 200, además para el cálculo utilizar la siguiente ecuación:

$$M.F = \frac{\sum \% \text{ Retenido acumulado en las mallas N°4, 8, 16, 30, 50 y 100}}{100}$$

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Jhon Acuña Olivares	NOMBRE: Víctor Cuzco Miranda	NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 18/05/2018	FECHA: 18/05/2018	FECHA: 22/05/2018

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO</b>	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA</b>	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012		AGGF-LC-UPNC: .....
<b>PROYECTO</b>	“EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO – DISTRITO DE CACHACHI – PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO”		
<b>CANTERA:</b>	Río Cajamarquino C-03	<b>TM:</b>	3"
<b>UBICACIÓN:</b>	Machilcucho - Cajabamba	<b>TMN:</b>	2.5"
<b>FECHA DE MUESTRA:</b>	14/05/2018	<b>M.F:</b>	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	18/05/2018	<b>HUSO A UTILIZAR:</b>	ARENA GRUESA
<b>RESPONSABLE:</b>		<b>REVISADO POR:</b>	

**CURVA GRANULOMETRICA**

Diámetro (mm)	Porcentaje que pasa (%)
0.075	0
0.15	2
0.3	5
0.6	10
1.18	20
2.5	35
4.75	45
7.5	55
15	65
30	75
60	85
75	100

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
NOMBRE: Jhon Acuña Olivares	NOMBRE: Víctor Ojeda Huicho	NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 18/05/2018	FECHA: 18/05/2018	FECHA: 22/05/2018



Anexo N°05: DISTRIBUCIÓN POR TAMAÑO.

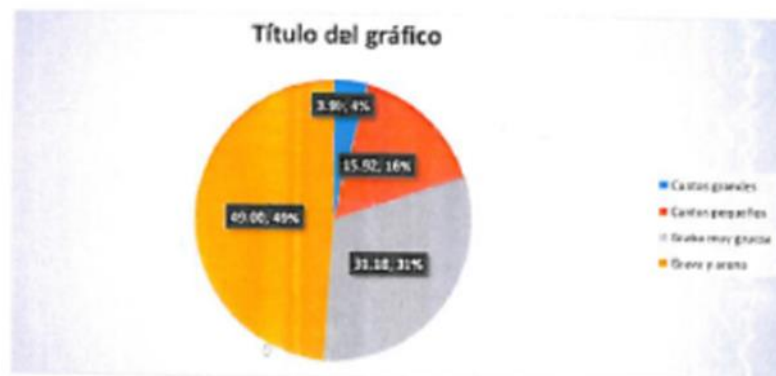
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
PROTOCOLO DISTRIBUCIÓN POR TAMAÑOS	
ENSAYO:	DISTRIBUCIÓN POR TAMAÑO
PROYECTO:	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE LA DINÁMICA FLUVIAL EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
CALICATA:	RIO CAJAMARQUINO
UBICACIÓN:	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA
FECHA DE MUESTREO:	14 DE MAYO DEL 2018
FECHA DE ENSAYO:	14 DE MAYO DEL 2018

Anexo N°05 : DISTRIBUCIÓN POR TAMAÑO

CANTOS e CASCAJO		Grava muy gruesa	Grava y arena
Grandes	pequeños	12-44	<32
128-256	64-128		
5	7.5	7.8	15.2
5.5	5	7.5	14.2
7.2	10	12	18.6
8	11	6.8	16.2
12	10.5	7.5	14.6
12	7.5	8	14.5
13	7.5	16	17.8
12.6	9	14.5	12.8
7.5	8.4	19.5	14.6
	12	22.5	12.5
	5.3	12	18.9
	8.7	7.3	24.5
	5.5	7.4	24.6
	8.9	8	16.5
	12.5	14	27.2
	13.5	25.5	14.5
	14	16.5	25.5
	12.3	18.5	22.4
	14.5	22.5	24.8
	14	21.1	22.4
	12.3	19.5	26.5
	13.5	27.2	21.3
	13.5	14.2	28.7
	13	19	24.9
	12.4	14.5	22.3
	13.7	15.6	22.7
	13.5	14.8	21
	13.5	14.2	22.5
	13	21.3	24.8
	10	22.5	26.3
		21.5	28.7
		16.5	25.1
		13.5	24.6
		24.3	21.7
		15.6	25.6
		13.5	24.9
		18.7	28.7
		16.7	24.6
		14.5	26.5
		12.5	21.4
		11.3	18.5
			21.5
			22.8
			25.9
			30.5
			24.5
			17.4
80.8	330	646.3	1015.6
			TOTAL
			2072.7

GRANULOMETRÍA				
Grupo	Clase	Tamaño (mm)	Peso (Kg)	Peso (%)
Cantos	Grandes	128-256	80.8	3.90
	pequeños	64-128	330	15.92
Grava muy gruesa		32-64	646.3	31.18
Grava y Arena		<32	1015.6	49.80
Peso Total Material			2072.7	100

PORCENTAJE EN PESO (%)	
Cantos grandes	3.90
Cantos pequeños	15.92
Grava muy gruesa	31.18
Grava y arena	49.80



RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	14 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	21 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	

Anexo N°06: DISEÑO HIDRÁULICO DE PROTOTIPO.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
	PROYECTO:	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
CÁLCULOS:	DISEÑO HIDRÁULICO DEL PROTOTIPO	
UBICACIÓN:	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA	

Ubicación :

Región : Cajamarca

Provincia : Cajabamba

Distrito : Cachachi

Sector : Machilcucho

Rio : CAJAMARQUINO

Fecha : dic-19

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	DISEÑO HIDRÁULICO DEL PROTOTIPO
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

Tabla N° 01							
Coeficiente de Contracción, $\mu$							
Velocidad (m/s)	Longitud libre entre los estribos						
	10 m.	13 m.	16 m.	18 m.	21 m.	25 m.	30 m.
<1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99
2	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97
3	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96
>4.00	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	


Velocidad (m/s)	Longitud libre entre los estribos						
	0	0	0	0	0	0	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7.32188505	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	


Velocidad (m/s)	Longitud libre entre los estribos					
	0	0	0	0	0	140
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.32188505	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99

Velocidad (m/s)	Longitud libre entre los estribos					
	42 m.	52 m.	63 m.	106 m.	124 m.	200 m.
<1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
>4.00	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

Seleccionan:	$V_m = 7.322$	Velocidad media (m/s)
	$B = 140.000$	Ancho efectivo (m)
	$\mu = 0.990$	

Tabla n° 04: Valores del Coeficiente $\delta$		
Periodo de Retorno (Años)	Probabilidad de Retorno (%)	Coeficiente $\delta$
	0.00	0.77
2.00	50.00	0.82
5.00	20.00	0.86
10.00	10.00	0.90
20.00	5.00	0.94
50.00	2.00	0.97
100.00	1.00	1.00
300.00	0.33	1.03
500.00	0.20	1.05
1,000.00	0.10	1.07
Periodo de Retorno (Años) =====		50.00
$\delta =$		0.97

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	

	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>	
	<b>PROYECTO:</b>	<b>"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"</b>
	<b>CÁLCULOS:</b>	<b>DISEÑO HIDRÁULICO DEL PROTOTIPO</b>
	<b>UBICACIÓN:</b>	<b>SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA</b>

### CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA SECCION ESTABLE

SECCIÓN ESTABLE O AMPLITUD DE CAUCE ( B )

Q medio (m³/seg)	MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON B = K <sub>1</sub> Q <sup>1/2</sup>			MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING B = (Q <sup>1/2</sup> /S <sup>1/5</sup> ) (n K <sup>1/2</sup> ) <sup>3/5</sup> (n=0.035)			MÉTODO DE BLENCH B = 1.81(Q F <sub>b</sub> /F <sub>s</sub> ) <sup>1/2</sup>			
	Condiciones de Fondo de río	K <sub>1</sub>	B (m)	Valores rugosidad de Manning (n)		B (m)	Factores		B (m)	
383.25	Fondo y orillas de grava	2.90	56.77	Descripción	n	35.05	Factor de Fondo	F <sub>b</sub>	122.75	
Pendiente Zona del Proyecto (m/m)				Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035	0.035		Material Grueso	1.20		
				Coeficiente Material del Cauce						
0.023860	MÉTODO DE PETRIS B = 4.44 Q <sup>0.5</sup>			Descripción	K		35.05	Factor de Orilla		F <sub>s</sub>
	B (m)			Material aluvial = 8 a 12	12			Materiales sueltos		0.10
	86.92			Coeficiente de Tipo de Río						
				Descripción	m					
			Para cauces aluviales		1					

RESUMEN :

MÉTODO	B (m)
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	56.77
MÉTODO DE PETTIS	86.92
MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING	35.05
MÉTODO DE BLENCH	122.75
RECOMENDACIÓN PRACTICA	70.00
=====> PROMEDIO B :	74.30
=====> SE ADOPTA B :	150.00

Se elige este ancho por adaptarse a la zona de estudio.

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	DISEÑO HIDRÁULICO DEL PROTOTIPO
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

### CÁLCULO HIDRÁULICO

CÁLCULO DEL TIRANTE MÉTODO DE MANNING - STRICKLER (B > 30 M)		
$T = ((Q / (K_s * B * S^{1/2}))^{2/3}$		
Valores para Ks para Cauces Naturales (Inversa de n)		
Descripción	Ks	T (m)
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 28	28	0.37
Caudal de Diseño (m³/seg)		
Q = 383.25		
Ancho Estable - Planilla (m)		
B = 150.00		
Pendiente del Tramo de estudio		
S = 0.023860		

Formula de Manning : Velocidad Meda (m/s) >>>>>  $V = R^{2/3} * S^{1/2} / n$

Radio Hidráulico >>> $R = A / P$ >>>>>>>		R :	Pendiente de Fondo >>> S
Tirante medio (y)	Taluz de Borde (Z)	0.37	S = 0.023860
y = 0.37	Z = 1.25		Coefficiente de Rugosidad de Manning
Ancho de Equilibrio (B)			Descripción
B = 150.00			Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035
Área (m²)	Perímetro (m)		n
A = 55.33	P = 150.26		0.035
>>>>>>>		V = 7.19	m/seg

Número de Froude :  $F = V / (g * y)^{1/2}$

Velocidad media de la corriente (m/s)	Aceleración de la Gravedad	Profundidad Hidráulica Media = Área Mojada / Ancho Superficial	Froude (F)
V = 7.19	g = 9.81	y = A / B >>> y = 0.37	3.78

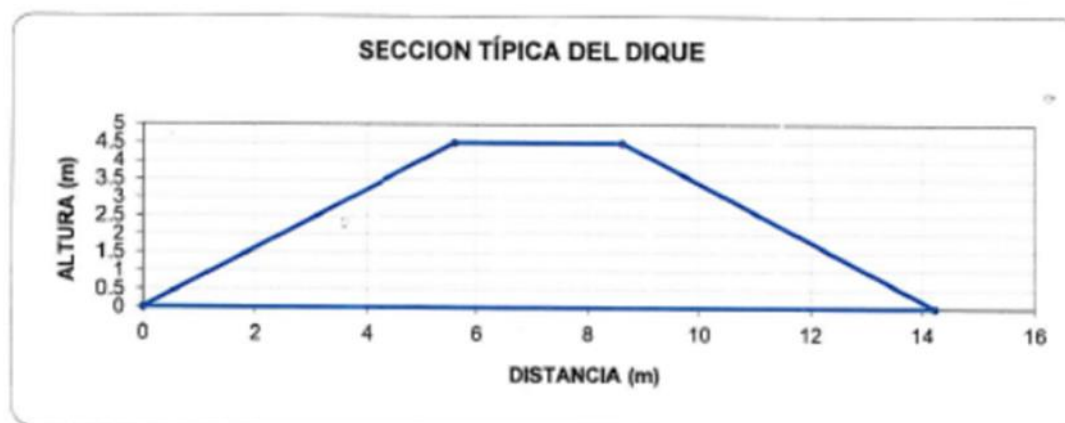
Tipo de Flujo : FLUJO SUPERCRÍTICO

Cálculo de la Altura de Dique >>>>>>>

Bordo libre (BL) = g e					ALTURA DE MURO (H <sub>M</sub> )
Caudal máximo m³/s	g	e	$e = V^2 / 2g$	BL	H <sub>M</sub> = (y + BL) * 1.25
3000.00	4000.00	2	1.1	2.64	2.90
2000.00	3000.00	1.7			
1000.00	2000.00	1.4			
500.00	1000.00	1.2			
100.00	500.00	1.1			
Caudal de Diseño (m³/seg) :	383.25				

Por lo Tanto las características Geométricas del dique a construir son :

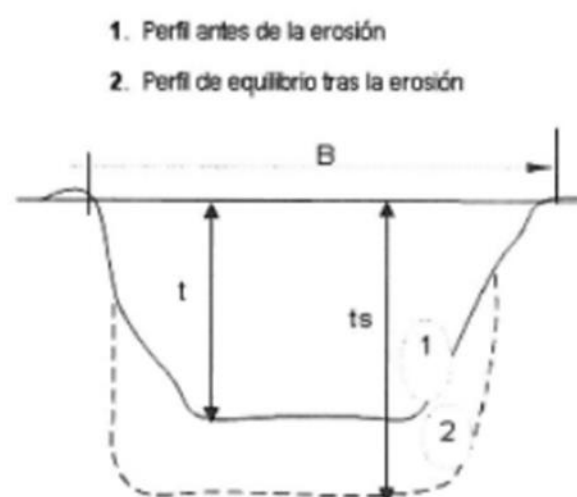
ALTURA PROMEDIO DE DIQUE (m)	=	4.50
ALTURA PROMEDIO DE ENROCADO (m)	=	4.50
ANCHO DECORONA (m)	=	3.00
TALUD	:	H V
Cara Humeda	1.25	: 1
Cara seca	1.25	: 1
AREA (m²)	=	32.06



RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RIO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	DISEÑO HIDRÁULICO DEL PROTOTIPO
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN (H <sub>s</sub> )				
MÉTODO DE LL. LIST VAN LEVEDIEV				
Suelos Granulares - No Cohesivos				
$t_s = ((a t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$ .....(1)				
Suelos Cohesivos				
$t_s = ((a t^{5/3}) / (0.60 g_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)}$ .....(2)				
Donde:				
$t_s$ = Tirante después de producirse la socavación (m)				
$t$ = Tirante sin socavación (m)				
$t = 0.37$ m				
$D_m$ = Diámetro Medio de las partículas (mm)				
$D_m = 6.80$ mm				
$g_s$ = Peso Específico suelo (Kg/m <sup>3</sup> )				
$\mu$ = Coeficiente de Contracción				
$a$ = Coeficiente >>>>>				
$a = Q / (t_m^{5/3} \beta \mu)$				
Tirante medio ( $t_m$ ) = A/B	Q (Caudal de Diseño)	Coeficiente de Contracción ( $\mu$ ) Tabla N° 01	Ancho Estable	<b>a</b>
$t_m = 0.37$	383.25	$\mu = 0.99$	B = 150.00	13.60



PROFUNDIDAD DE SOCAVACION PARA SUELOS NO COHESIVO .....(1) :

X : Exponente que depende de : $D_m$ para suelos Granulares No Cohesivos y $g_s$ para suelos cohesivos. >>>>> TABLA N° 03		Coeficiente por Tiempo de Retorno : $\beta$ (Tabla N° 04)	TIRANTE DE SOCAVACION SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS
X (Tabla N° 03)	$1/x+1$		$t_s = ((a t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$
x = 0.36	0.74	$\beta = 0.97$	$t_s = 1.85$ m

PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H <sub>s</sub> )	
H <sub>s</sub> =	$t_s - t$
H <sub>s</sub> =	1.48 m
H <sub>s</sub> =	2.00 m

ASUMIDO

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RIO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	DISEÑO HIDRÁULICO DEL PROTOTIPO
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

**CÁLCULO ESTRUCTURAL : PROFUNDIDAD DE LA UÑA**

Profundidad de Socavación ( $H_s$ )	=	2.00	=====>	Profundidad de Uña ( $P_{UNA}$ )	=	$FS + H_s$
-------------------------------------	---	------	--------	----------------------------------	---	------------

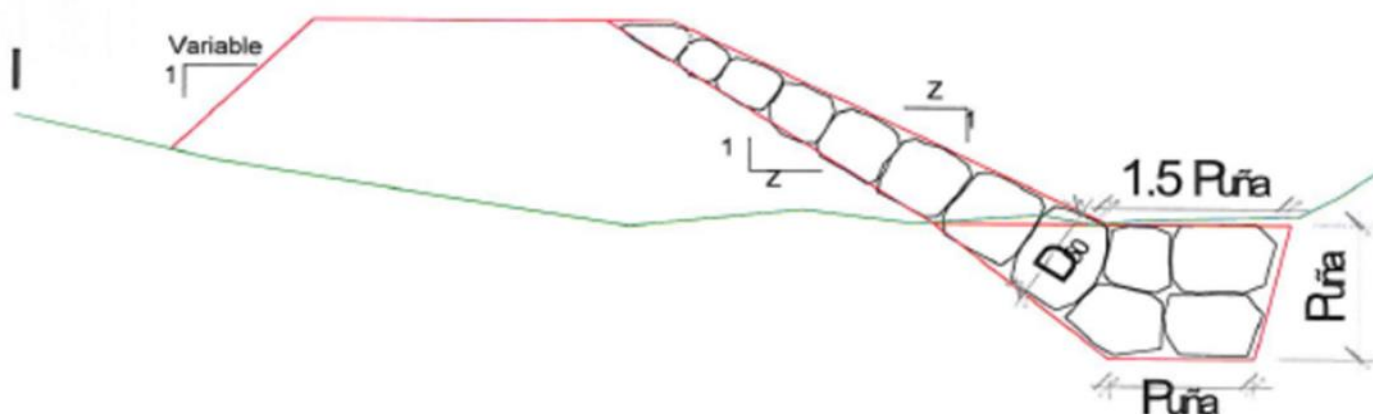
$$FS = 1.10$$

$$P_{UNA} = 2.20$$

Por lo Tanto Seleccionamos :

$P_{UNA}$	=	3.00 m
Ancho $_{UNA}$	=	4.50 m

**PROTECCION DEL PIE DE TALUD**



RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
PROYECTO:	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
CÁLCULOS:	DISEÑO HIDRÁULICO DEL PROTOTIPO
UBICACIÓN:	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI - CAJABAMBA - CAJAMARCA

**CÁLCULO ESTRUCTURAL DE ESPIGONES:**

DIMENSIONAMIENTO		CÁLCULO DE LA ALTURA Y PENDIENTE	
Tip: No Simétrico	Longitud: $L = L_1 + L_2$		
Características:	Longitud de trabajo: $L > 100$ y $L < 800$ Ancho medio del cauce (m): $B = 100.00$ Ancho medio del cauce (m): $B = 100.00$ Orientación: $30^\circ$ Agudo Abajo Ángulo de inclinación ( $\alpha$ ): $30^\circ$ Longitud de Ancho: $L_1 = 0.1 \text{ a } 0.25 L$ Longitud de Espigón: $L_2 = L - L_1$ L = 30.00	Pendiente de la Cresta: $S$ Cálculo de Altura de Espigón: $H = 1.12$ Bunde Libre: $B_L = 2.00$ Bunde: $B = 2.00$ ALTURA DEL ESPIGÓN: $H = 1.12$ m (Aproximado)	Tablas: $V = 1:1.25$ a $1:3.0$ Espalda: $1:1.25$ a $1:3.0$ Pivote: $1:1.25$ a $1:3.0$ Muro: $1:2.5$ a $1:5.0$ Camara de Espigón: $C = 3.00$
<b>SOCAVACIÓN EN ESPIGONES: MÉTODO DE AROMONOV</b> $S_s = P_s \cdot P_a \cdot P_b \cdot d_s$ donde: $S_s$ = Profundidad máxima de socavación $P_s$ = Coeficiente que depende del ángulo del espigón Incidencia: AGUA ABAJO respecto al eje del espigón: 30°: 0.84 60°: 0.74 90°: 1.00 120°: 1.07 150°: 1.19 $P_a$ = Coeficiente que depende de los gases 0.1: 2.00 0.2: 2.65 0.3: 3.22 0.4: 3.45 0.5: 3.67 0.6: 3.87 0.7: 4.04 0.9: 4.20 $P_b$ = Coeficiente que depende del talud 0: 1.00 0.5: 0.71 1: 0.55 1.5: 0.43 2: 0.41 3: 0.50 $k = Z = 1.25$ $P_s = 0.85$		<p>Gasto total: <math>Q = Q_1 + Q_2</math>  <math>Q_1</math> = Gasto Normal a través del espigón  <math>Q_2</math> = Gasto total del río  <math>Q_1 / Q = 0.9</math>  <math>P_a = 4.20</math>  <math>d_s</math> = Desde aguas arriba, sin socavación = 1  <math>d_s = 0.37</math>            REEMPLAZANDO DATOS EN (1):  <math>S_s = 1.57</math> m            LA SOCAVACIÓN LOCAL SERÁ:  <math>H_s = S_s + d_s = 1.28</math> m            Por tanto la profundidad de talud en espigón será:            (Redondear): <math>P_{talud,espigon} = 1.28</math> m  <math>P_{talud,espigon} = 2.00</math> m  <b>SOCAVACIÓN TOTAL CARA HUMEDA:</b>  <math>P_{talud} = 2.00</math> m         </p>	

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
	<b>PROYECTO:</b> "EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
CÁLCULOS:	DISEÑO HIDRÁULICO DEL PROTOTIPO
UBICACIÓN:	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA


PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN DE LA UÑA EN TRAMO CURVO	
Método de Altunin	
$D_{max} = e \cdot d_r$	
Donde :	
$D_{max}$ : Profundidad máxima de agua	
$d_r$ : Profundidad en el tramo recto situado aguas arriba de la curva	
R : Radio de curvatura	
R : 120.00	m
B : Ancho superficial	
B : 150.00	m
R / B : 0.80	Valor de Ingreso a la Tabla =====>
Valores Coeficiente "e"	
R/B	e
Infinito	1.27
6.00	1.48
5.00	1.84
4.00	2.20
3.00	2.57
2.00	3.00
Seleccionamos $e = 3.000$ $d_r = 1.48$ $D_{max} = 4.43$ $H_s = 4.43$ m Profundidad de Uña en Tramo curvo sera: $P_{UÑA (tramo curvo)} = 5.00$ m	

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASESOR
NOMBRE: JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE: Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA: 29 DE MAYO DEL 2018	FECHA: 29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA: 	FIRMA: 



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO. SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>CÁLCULOS:</b>	DISEÑO HIDRÁULICO DEL PROTOTIPO
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

### CÁLCULO ESTRUCTURAL

ESTABILIDAD DEL TERRAPLEN		PROBABILIDAD DE MOVIMIENTO DE LA ROCA		ESTABILIDAD DEL REVESTIMIENTO DEL ENROCADO		
Fuerza Resistente (Kg/m)		$F_{roca(30)} = 0.56 \cdot (V^2/2g) \cdot (1/D_{50}) \cdot (1/\Delta)$		ESFUERZO MAXIMO CORTANTE ACTUANTE		ESFUERZO CORTANTE CRITICOS
$R = W \cdot \tan \phi$		Velocidad caudal de diseño (V)		$\tau_a = \gamma_s \cdot i \cdot S$	$\tau_a$	$\tau_c = C \cdot (\gamma_s - \gamma_a) \cdot D_{50} \cdot K$
W = Peso del Terraplen	R	Velocidad	7.19	Peso específico del agua Kg/m <sup>3</sup>	8.51	Peso específico del agua Kg/m <sup>3</sup>
Area Dique (m <sup>2</sup> )	32.06	$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma_a}{\gamma_s}$	$\Delta$	$\gamma_a = 1,000.00$		$\gamma_a = 1,000.00$
Peso Especifico del material (Kg / m <sup>3</sup> )	1930.00	Peso específico de la roca (cantera) Kg/m <sup>3</sup>	1.64	Tirante de diseño (m)		Peso específico de la roca (cantera) Kg/m <sup>3</sup>
W = 61,875.80	43,325.90	$\gamma_s = 2,640.00$		i = 0.37		$\gamma_s = 2,640.00$
Angulo de fricción interna en grados(tipo de material de río)		Peso específico del agua Kg/m <sup>3</sup>		Pendiente tramo de estudio	61.53	Factor de Talud (K)
$\phi = 35$		$\gamma_a = 1,000.00$		S = 0.023		$K = \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \alpha}{\tan^2 \phi}}$
Tag $\phi = 0.70$		Diametro medio de la roca (D <sub>50</sub> )	0.80			Angulo del Talud (α)
Presion del Agua (Kg/m <sup>2</sup> )	68.45					2 = 1.25
$P = P_w \cdot l^2/2$						38.46°
$P_w = 1000.00$						Angulo de fricción interna del material (Enrocado) (φ)
Trante						φ = 45
i = 0.37						Factor de Talud (K)
						K = 0.449
						Coefficiente de Shields
						C = 0.10

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	



	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>	
	<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE DESCARGAS MÁXIMAS EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
	<b>CÁLCULOS:</b>	DISEÑO HIDRÁULICO DEL PROTOTIPO
	<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE MACHILCUCHO - CACHACHI- CAJABAMBA-CAJAMARCA

#### CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE ROCA RIO CAJAMARQUINO

##### FÓRMULA DE R. A. LOPARDO

$g_s$  = Peso específico de las partículas, Kg/cm<sup>3</sup>, Tn/m<sup>3</sup>  
 $g$  = Peso específico del fluido, Kg/cm<sup>3</sup>, Tn/m<sup>3</sup>  
 $V$  = Velocidad media, m/s  
 $f$  = Ángulo de reposo del material  
 $q$  = Ángulo del talud respecto a la horizontal  
 $W$  = Peso, Kg

$D_s$  = Diámetro de volumen esférico equivalente, ft  
 $W$  = Peso de roca, lb  
 $g_s$  = Peso específico de la roca, lb / ft<sup>3</sup>

Sección Hidráulica	$g_s$ Tn/m <sup>3</sup>	$g$ Tn/m <sup>3</sup>	Velocidad Media (m/s)	$f$ (°)	$z$ Talud 1	$q$ (°)	W (Peso)			$g_s$ pcf	$D_s$ ft (Pies)	$D_s$ (m)
							KG	Tn	Lb			
Rio Cajamarquino	2.68	1.00	3.62	4 5.00 °	2.00	2 6.57 °	1285.38	1.285	2833.78	167.307	3.186	0.971
Porcentaje		Diámetro de la roca, m										
100		<= $D_{calculado}$ = 0.97										
50		> $D_{50}$ = 0.58										
80		> $D_{80}$ = 0.39										

$D_{calculado}$  = 0.97 m

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018	FECHA:	29 DE MAYO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	

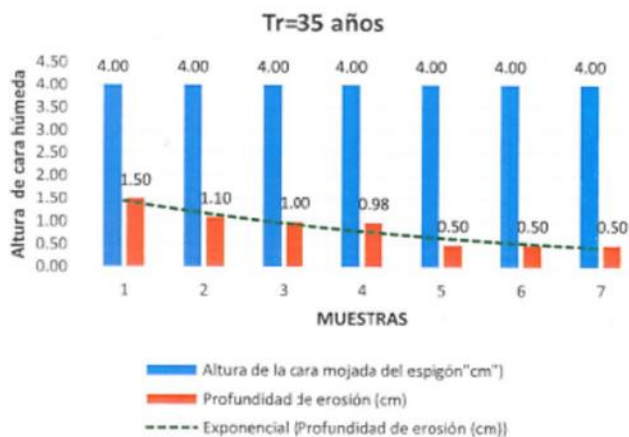
Anexo N°07: RESULTADO DE EROSIÓN EN ESPIGONES.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
RESULTADOS	
PROYECTO:	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE LA DINÁMICA FLUVIAL EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
PRUEBAS:	RESULTADOS DE EROSION DE ESPIGONES
UBICACIÓN:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FECHA DE ENSAYO:	02 DE JULIO DEL 2018

**PRUEBA N°01**

Resultados Prueba N° 01 - Modelo Hidráulico  $Q_m = 933 \text{ lts./min}$  –  $Q_r = 272.13 \text{ m}^3/\text{s}$ .

N° DE ESPIGÓN	Altura de la cara mojada del espigón"cm")	Profundidad de erosión (cm)	Profundidad de erosión (%)
E- 01	4.00	1.50	37.50
E- 02	4.00	1.10	27.50
E- 03	4.00	1.00	25.00
E- 04	4.00	0.98	24.50
E- 05	4.00	0.50	12.50
E- 06	4.00	0.50	12.50
E- 07	4.00	0.50	12.50



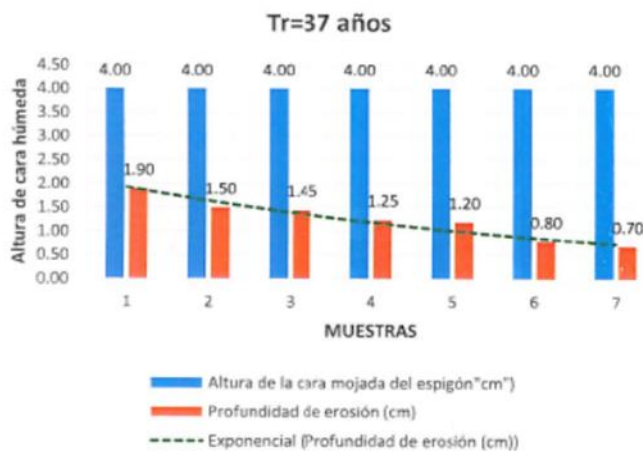
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASESOR
NOMBRE: JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE: Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA: 03 DE JULIO DEL 2018	FECHA: 03 DE JULIO DEL 2018
FIRMA:	FIRMA:

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
RESULTADOS	
PROYECTO:	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE LA DINÁMICA FLUVIAL EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
PRUEBAS:	RESULTADOS DE EROSION DE ESPIGONES
UBICACIÓN:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FECHA DE ENSAYO	02 DE JULIO DEL 2018

### PRUEBA N°02

Resultados Prueba N° 02 - Modelo Hidráulico  $Q_m = 969 \text{ lts./min.}$  –  $Q_r = 282.63 \text{ m}^3/\text{s.}$

N° DE ESPIGÓN	Altura de la cara mojada del espigón"cm")	Profundidad de erosión (cm)	Profundidad de erosión (%)
E- 01	4.00	1.90	47.50
E- 02	4.00	1.50	37.50
E- 03	4.00	1.45	36.25
E- 04	4.00	1.25	31.25
E- 05	4.00	1.20	30.00
E- 06	4.00	0.80	20.00
E- 07	4.00	0.70	17.50



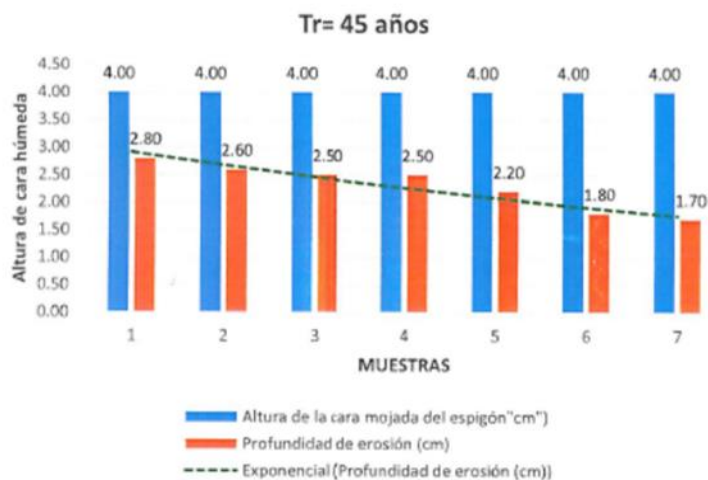
RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
NOMBRE:	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE:	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA:	03 DE JULIO DEL 2018	FECHA:	03 DE JULIO DEL 2018
FIRMA:		FIRMA:	

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
RESULTADOS	
PROYECTO:	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE LA DINÁMICA FLUVIAL EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
PRUEBAS:	RESULTADOS DE EROSION DE ESPIGONES
UBICACIÓN:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FECHA DE ENSAYO:	02 DE JULIO DEL 2018

### PRUEBA N°03

Resultados Prueba N° 03 - Modelo Hidráulico  $Q_m = 1286 \text{ lts./min.}$  -  $Q_r = 374.50 \text{ m}^3/\text{s.}$

N° DE ESPIGÓN	Altura de la cara mojada del espigón "cm"	Profundidad de erosión (cm)	Profundidad de erosión (%)
E- 01	4.00	2.80	70.00
E- 02	4.00	2.60	65.00
E- 03	4.00	2.50	62.50
E- 04	4.00	2.50	62.50
E- 05	4.00	2.20	55.00
E- 06	4.00	1.80	45.00
E- 07	4.00	1.70	42.50



RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASESOR
NOMBRE: JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE: Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA: 03 DE JULIO DEL 2018	FECHA: 03 DE JULIO DEL 2018
FIRMA:	FIRMA:

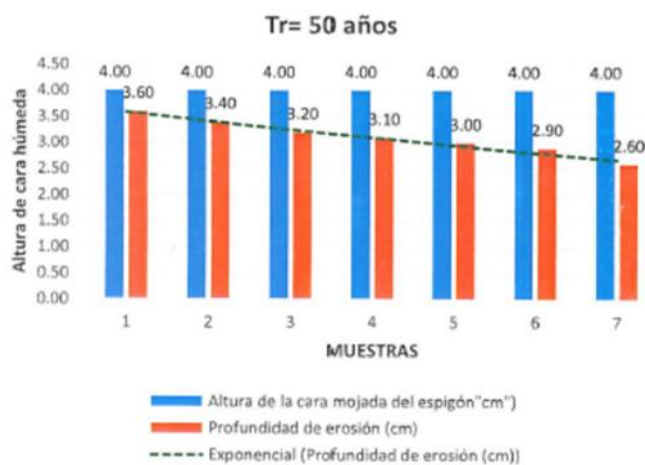


LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
RESULTADOS	
PROYECTO:	“EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE LA DINÁMICA FLUVIAL EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO”
PRUEBAS:	RESULTADOS DE EROSION DE ESPIGONES
UBICACIÓN:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FECHA DE ENSAYO	02 DE JULIO DEL 2018

#### PRUEBA N°04

Resultados Prueba N° 04 - Modelo Hidráulico  $Q_m = 1313 \text{ lts./min.} - Q_r = 383.25 \text{ m}^3/\text{s.}$

N° DE ESPIGÓN	Altura de la cara mojada del espigón "cm"	Profundidad de erosión (cm)	Profundidad de erosión (%)
E- 01	4.00	3.60	90.00
E- 02	4.00	3.40	85.00
E- 03	4.00	3.20	80.00
E- 04	4.00	3.10	77.50
E- 05	4.00	3.00	75.00
E- 06	4.00	2.90	72.50
E- 07	4.00	2.60	65.00



RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASESOR
NOMBRE: JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	NOMBRE: Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
FECHA: 03 DE JULIO DEL 2018	FECHA: 03 DE JULIO DEL 2018
FIRMA:	FIRMA:

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
RESULTADOS	
<b>PROYECTO:</b>	"EROSIÓN DE ESPIGONES ANTE LA DINÁMICA FLUVIAL EN EL RÍO CAJAMARQUINO, SECTOR MACHILCUCHO - DISTRITO DE CACHACHI - PROVINCIA DE CAJABAMBA, APLICANDO UN MODELO FÍSICO"
<b>PRUEBAS:</b>	CÁLCULO DE CAUDALES ( AFORAMIENTO)
<b>UBICACIÓN:</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	02 DE JUNIO DEL 2018

**RESULTADOS DE CAUDALES MEDIANTE AFORAMIENTO**

<b>DATOS 1:</b>	"MÍNIMO"			<b>DATOS 2:</b>	"MÍNIMO"		
Tiempo 1 =	2.50	Cronometro		Tiempo 1 =	1.75	Cronometro	
Tiempo 2 =	2.40	Cronometro		Tiempo 2 =	1.90	Cronometro	
Tiempo 3 =	2.55	Cronometro		Tiempo 3 =	1.85	Cronometro	
Volumen =	0.021	Balde de 24L		Volumen =	0.021	Balde de 24L	

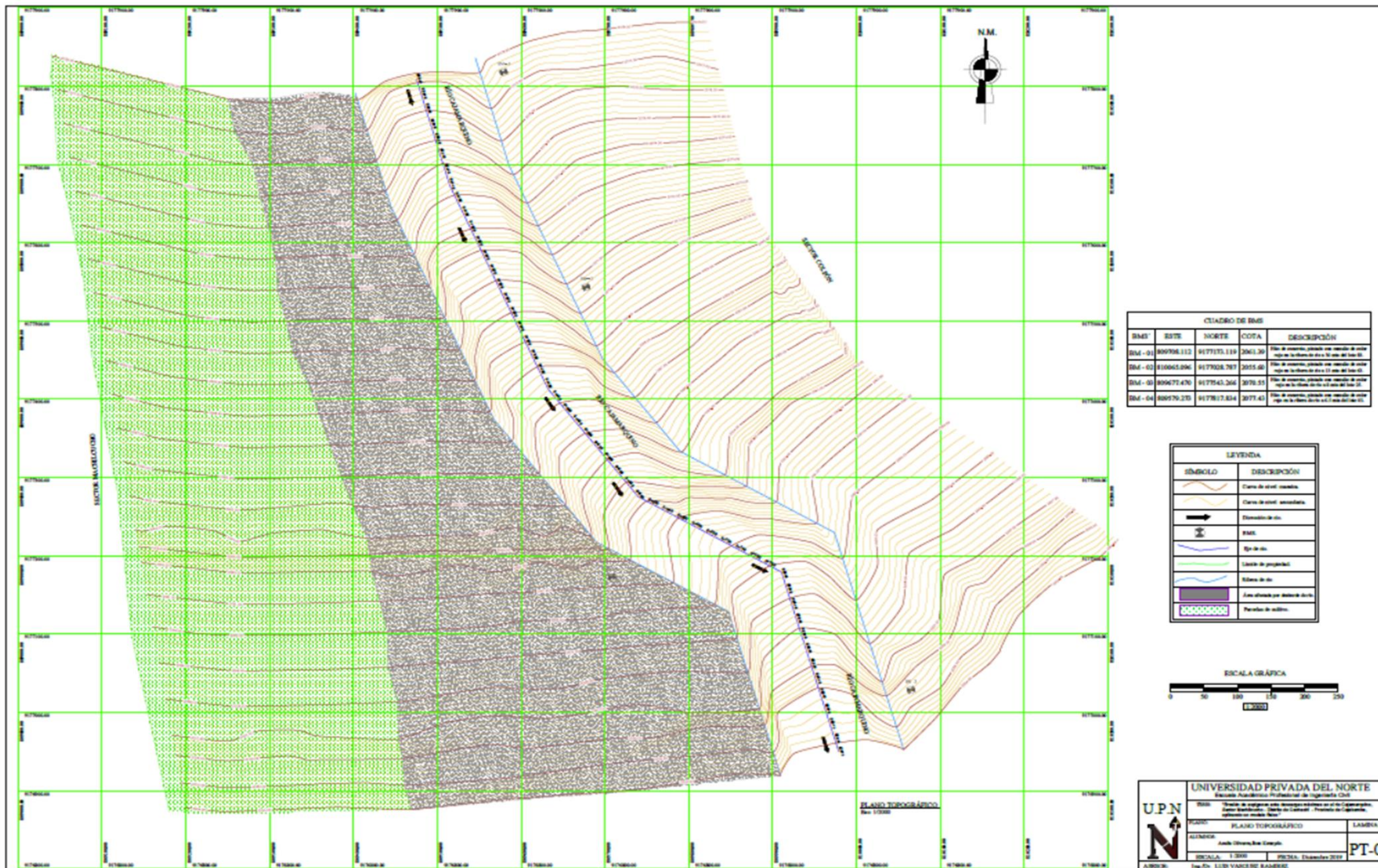
DATOS DE CAMPO (MÍNIMO)							
Volumen (m3)	Tiemp(seg)	Q1 (m3/s)	Q1 (lts./min.)	Volumen (m3)	Tiemp(seg)	Q2 (m3/s)	Q2 (lts./min.)
0.021	2.5	0.01555	933	0.021	1.8	0.0162	969

<b>DATOS 3:</b>	"MÁXIMO"			<b>DATOS 4:</b>	"MÁXIMO"		
Tiempo 1 =	0.80	Cronometro		Tiempo 1 =	0.50	Cronometro	
Tiempo 2 =	0.80	Cronometro		Tiempo 2 =	0.70	Cronometro	
Tiempo 3 =	0.90	Cronometro		Tiempo 3 =	0.60	Cronometro	
Volumen =	0.021 m3	Balde de 24L		Volumen =	0.021 m3	Balde de 24L	

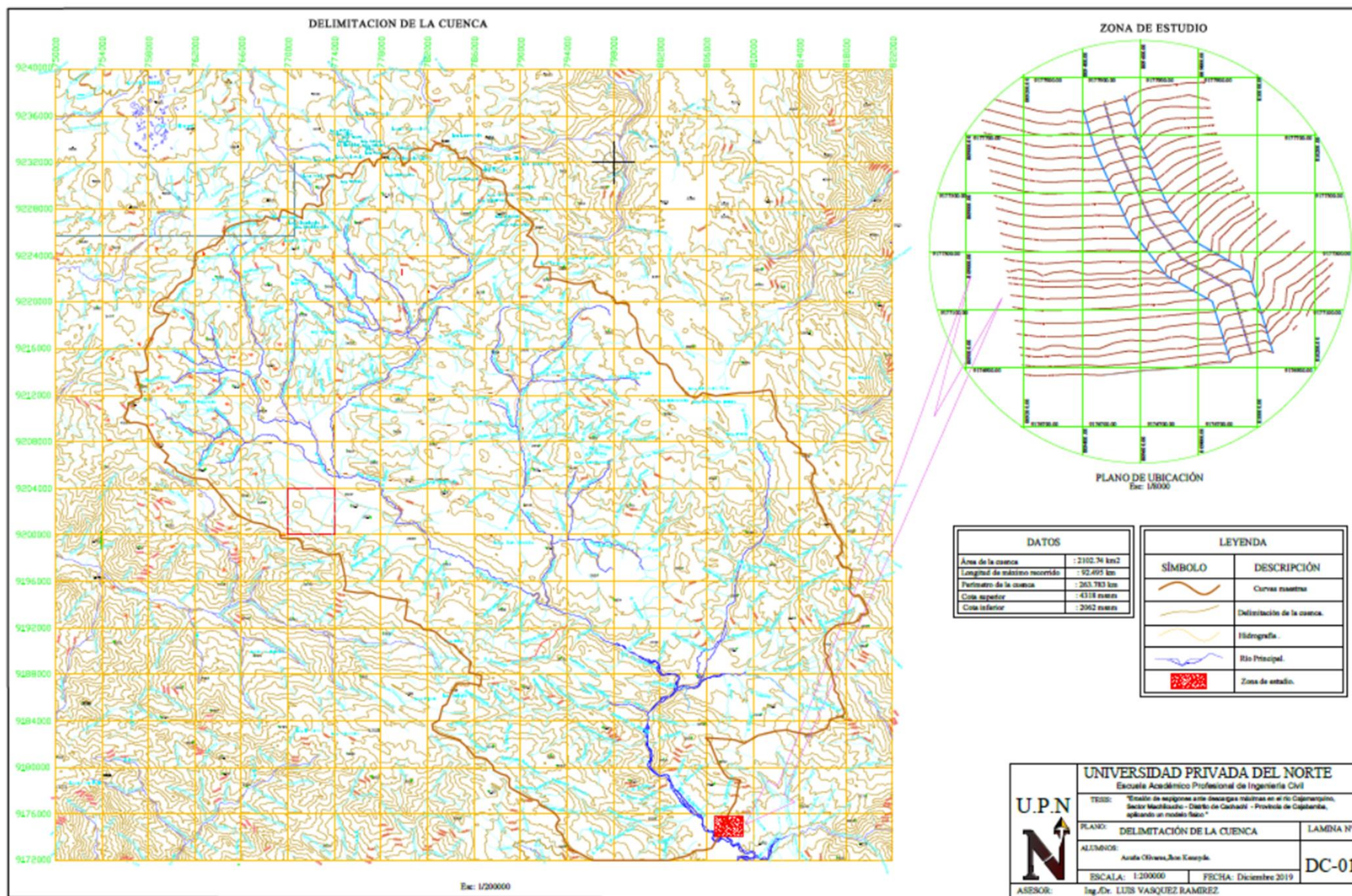
DATOS DE CAMPO (MÁXIMO)							
Volumen (m3)	Tiemp(seg)	Q3 (m3/s)	Q3 (lts./min.)	Volumen (m3)	Tiemp(seg)	Q4 (m3/s)	Q4 (lts./min.)
0.021	0.8	0.02143	1286	0.021	0.6	0.0219	1313

RESPONSABLE DEL ENSAYO		ASESOR	
<b>NOMBRE:</b>	JHON KENNYDE ACUÑA OLIVARES	<b>NOMBRE:</b>	Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
<b>FECHA:</b>	03 DE JULIO DEL 2018	<b>FECHA:</b>	03 DE JULIO DEL 2018
<b>FIRMA:</b>		<b>FIRMA:</b>	

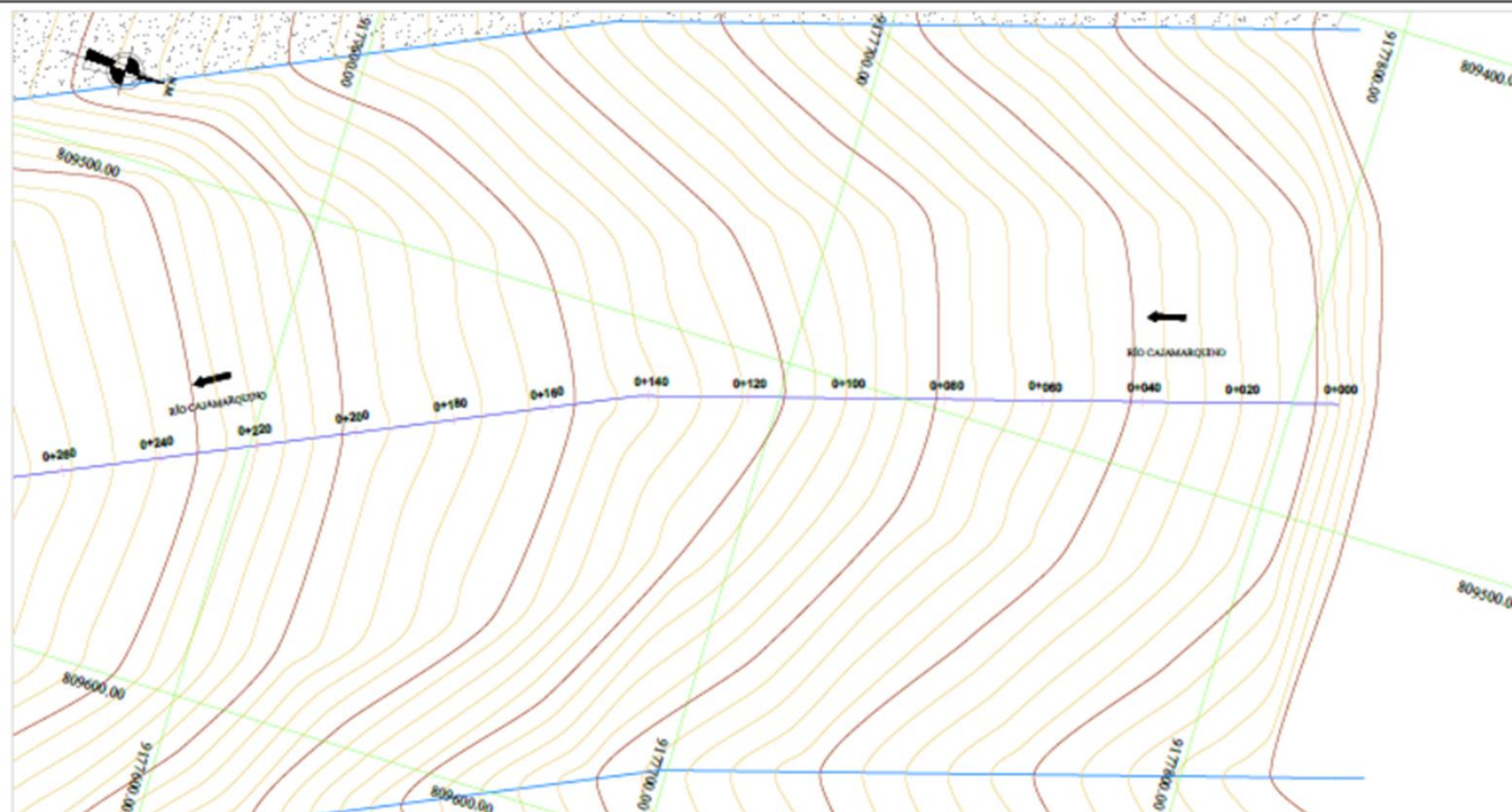




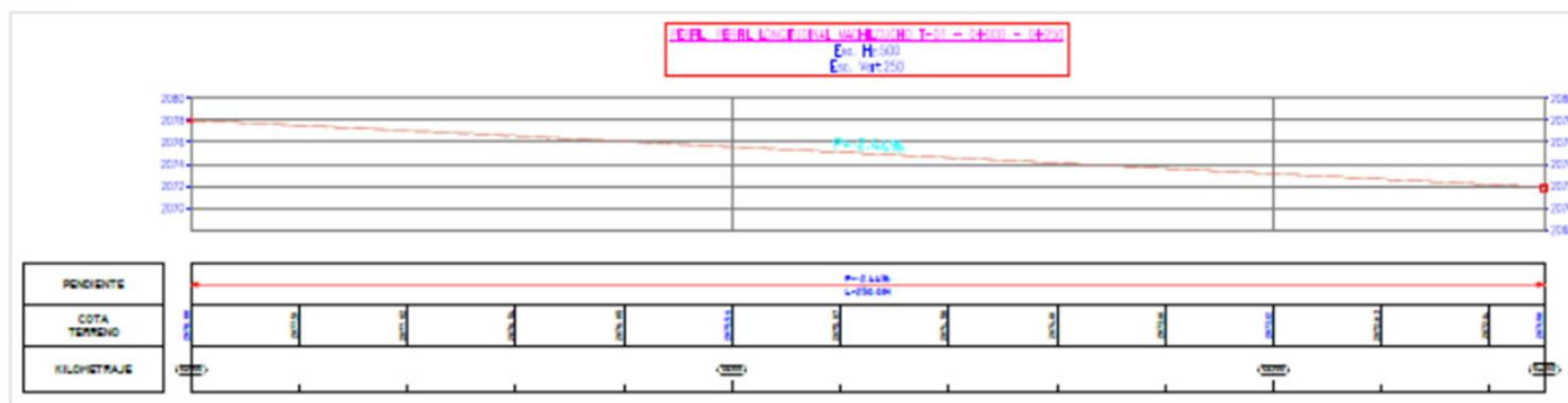




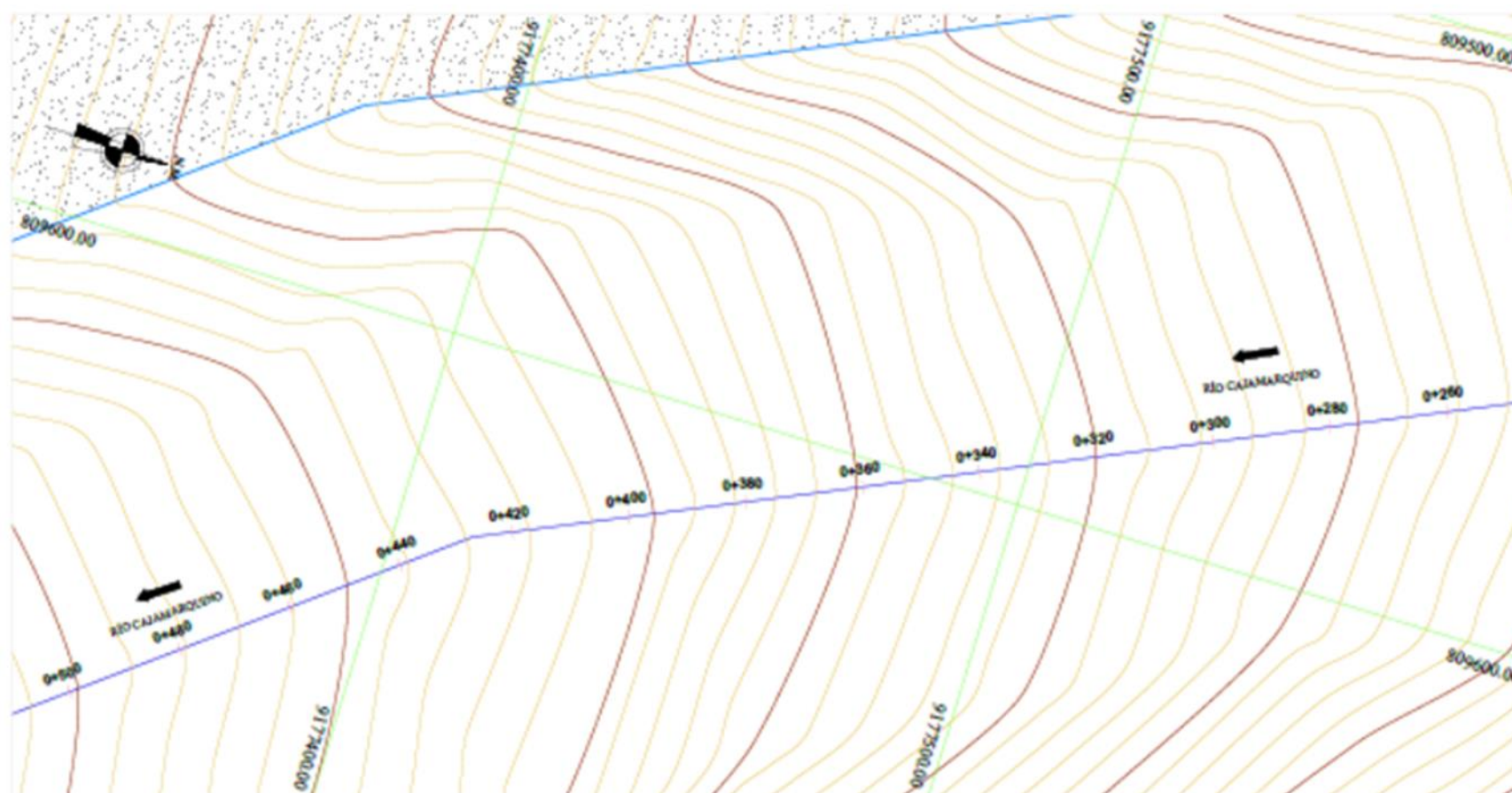




**PLANTA DEL RÍO CAJAMARQUINO - SECTOR MACHILCUCHO**  
**TRAMO I, 0+000 A 0+250**  
ESC : 1/500



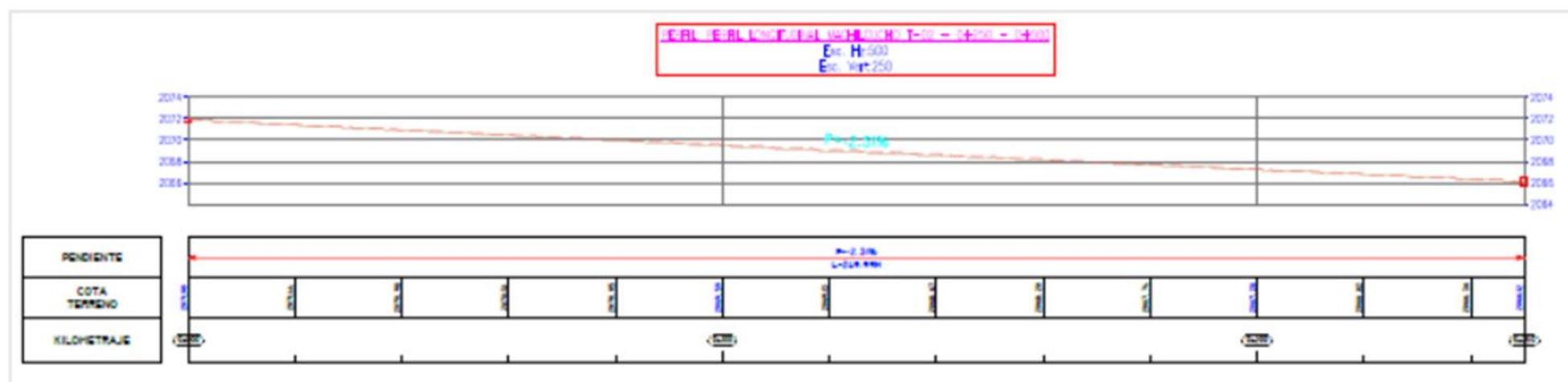
**PERFIL LONGITUDINAL RÍO CAJAMARQUINO - SECTOR MACHILCUCHO**  
**TRAMO I, 0+000 A 0+250**  
ESC H: 1/500  
V: 1/250



**PLANTA DEL RÍO CAJAMARQUINO - SECTOR MACHILCUCHO**

**TRAMO II, 0+250 A 0+500**

ESC : 1/500



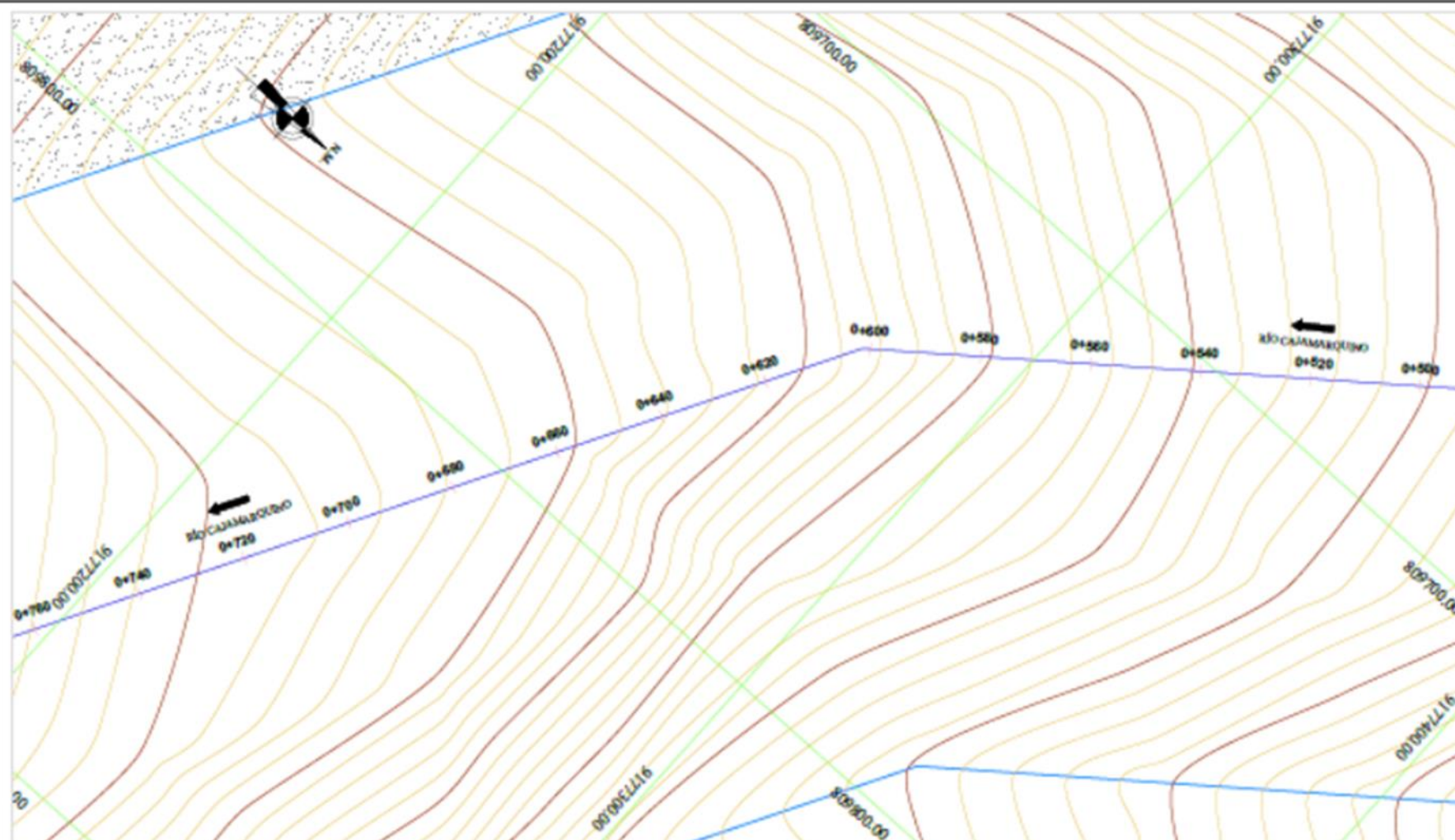
**PERFIL LONGITUDINAL RÍO CAJAMARQUINO - SECTOR MACHILCUCHO**

**TRAMO II, 0+250 A 0+500**

ESC H: 1/500

V: 1/250

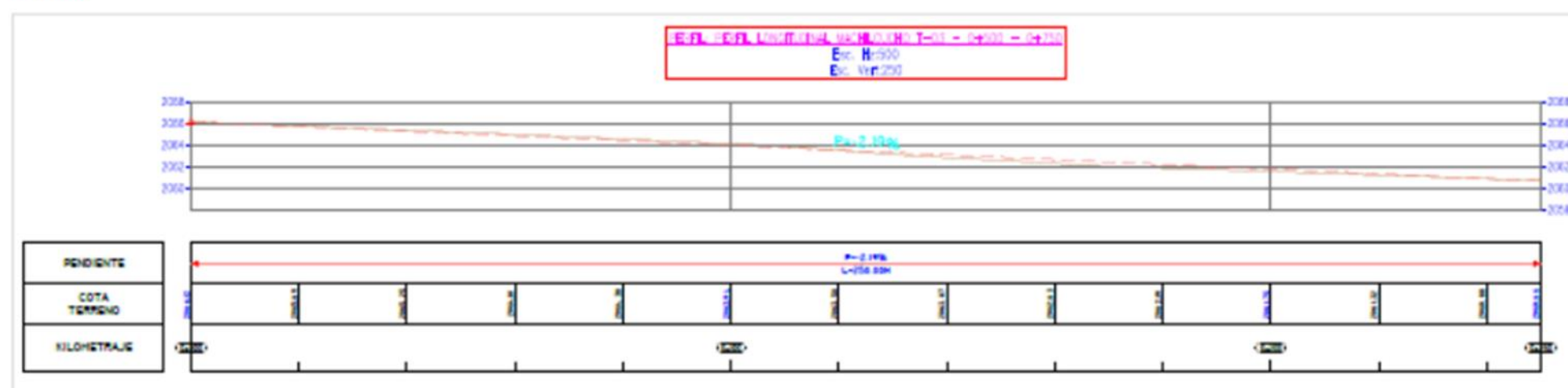




**PLANTA DEL RÍO CAJAMARQUINO - SECTOR MACHILCUCHO**

**TRAMO III, 0+500 A 0+750**

ESC : 1/500

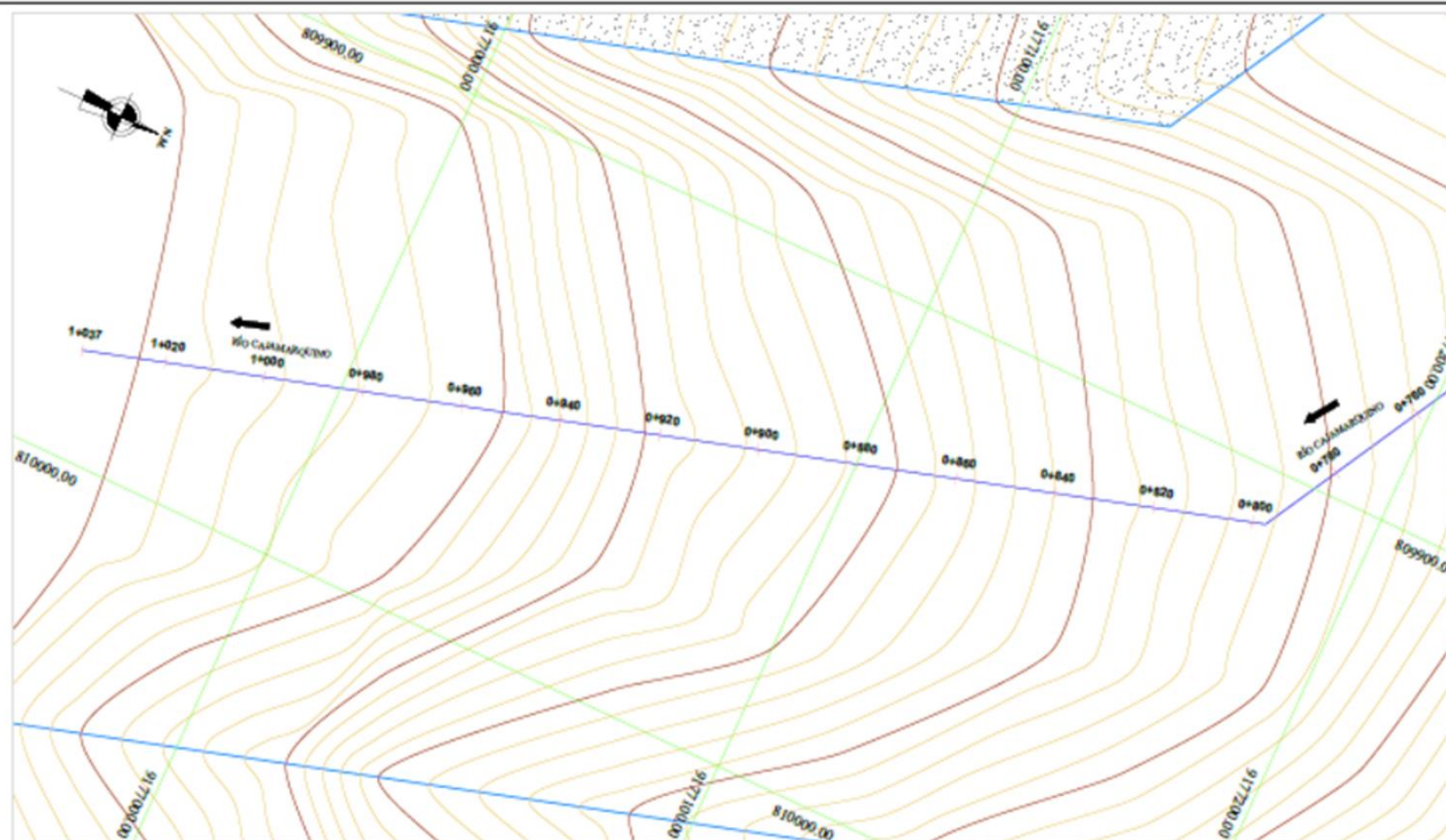


**PERFIL LONGITUDINAL RÍO CAJAMARQUINO - SECTOR MACHILCUCHO**

**TRAMO III, 0+500 A 0+750**

ESC H: 1/500  
V: 1/250





**PLANTA DEL RÍO CAJAMARQUINO - SECTOR MACHILCUCHO**  
**TRAMO IV, 0+750 A 1+037**  
ESC : 1/500

